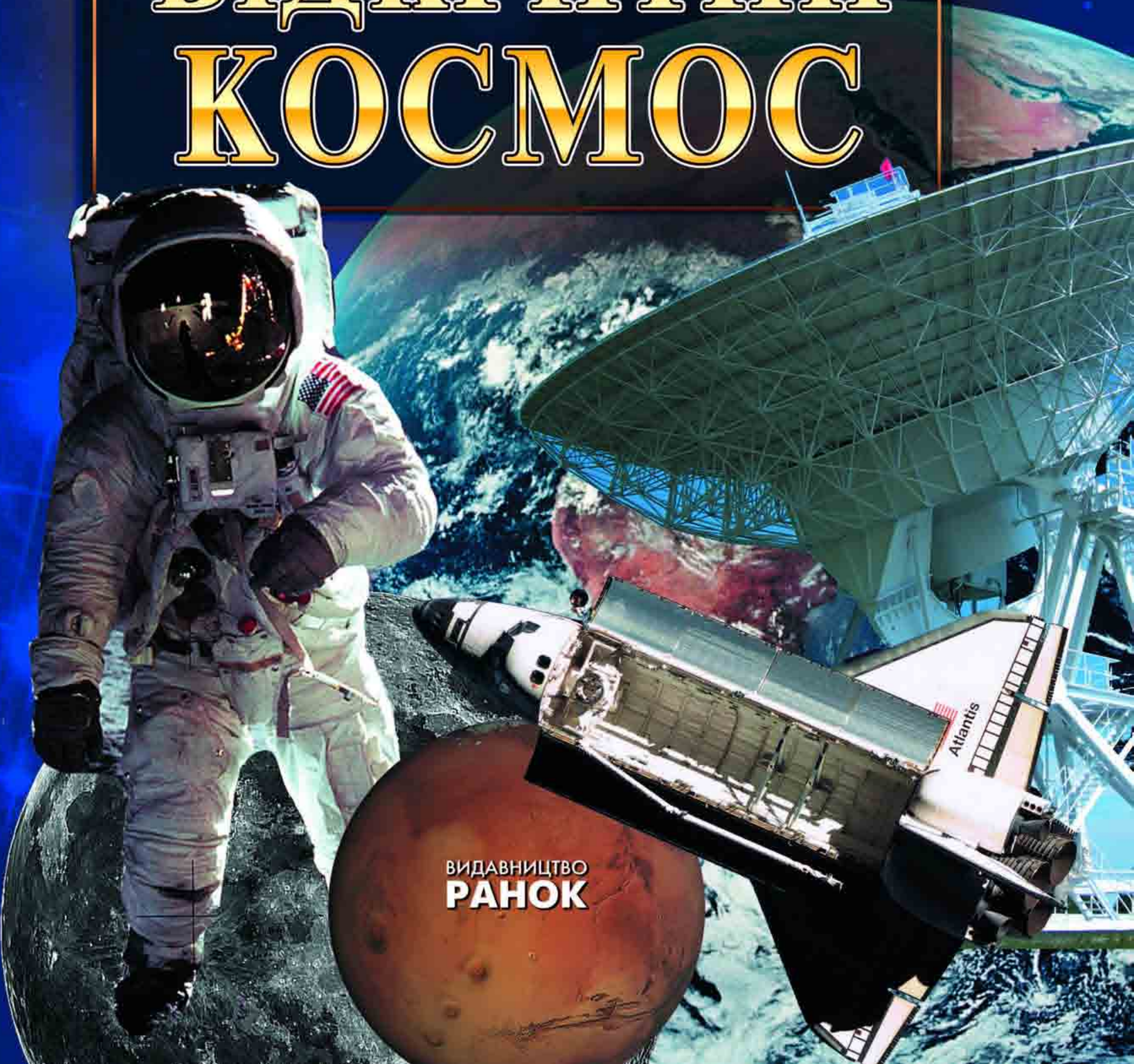
ВЕЛИКА
ІЛЮСТРОВАНА ЕНЦИКЛОПЕДІЯ

ВІДКРИТИЙ КОСМОС



ВИДАВНИЦТВО
РАНОК

ВЕЛИКА

ІЛЮСТРОВАНА ЕНЦИКЛОПЕДІЯ

ВІДКРИТИЙ КОСМОС

РОЗУМ І НЕСКІНЧЕННІСТЬ

Багато тисячоліть тому, в ті часи, коли людина тільки почала усвідомлювати себе людиною, одного разу глянувши на нічний небосхил, вона раптово зрозуміла, що ця сяюча безодня, повна світил, приховує в собі тисячі таємниць — у тому числі й найголовнішу: із чого почався наш світ, «звідки все пішло». З тих пір тисячі допитливих умів билися над загадками Всесвіту, розуму й походження життя. При цьому їм доводилося мати справу з тим, до чого не можна дотягтися, доторкнутися руками, виміряти звичною міркою, роздивитися ближче. Згодом із цього прагнення народилася наука, яка має найширший предмет з усіх наук — астрономію.

Без астрономії неможливо було б зрозуміти не тільки закони руху зірок і планет, але й те, що відбувається на нашій Землі: зміну дня й ночі, чергування пір року, причини припливів і відливів, змін клімату. Адже наша планета має таку ж природу, як і інші тіла й об'єкти у Всесвіті.

Спочатку астрономічні знання були необхідні жерцям, мореплавцям, хліборобам — тим, кому був потрібен надійний і точний відлік часу. Але не тільки практичні питання хвилювали людей. Велична краса недосяжних небес в усі часи притягувала погляди й хвилювала серця. Недарма саме там, за «кришталевими сферами», майже всі народи Землі «оселили» своїх богів. Небо завжди залишалося символом гармонії, джерелом натхнення для поетів і художників, і сліди цього можна виявити в найдавніших пам'ятках мистецтва.

Протягом тисячоліть не згасає віра щодо міцного зв'язку людини з небом. На це спиралися різні астрологічні системи, створені ще в Давньому Китаї, Індії, Вавілонії, Єгипті й успадковані європейцями. Пильно споглядаючи за поведінкою світил, астрологи навчилися визначати точне місцезнаходження на небосхилі, а також відкрили численні закономірності руху планет, визначили межі сузір'їв.

Але, звичайно, величезна дистанція лежить між вимірами географічних координат, зробленими стародавніми греками, моделлю Сонячної системи, створеною астрономом і географом Клавдієм Птолемеєм, і першими успіхами сучасної астрономії, якими ми завдячуємо Галілео Галілею та Миколаю Копернику. З тих пір як із рога достатку, посипалися дивовижні відкриття, і кожне з них змінювало картину світу, а разом із нею і свідомість людей.

Організація Об'єднаних Націй оголосила 2009 рік Всесвітнім роком астрономії — рівно чотири-

ста років тому Галілей уперше спрямував потужну підзорну трубу, яку пізніше стали називати «телескопом», на небо, і виявив гори на Місяці, супутники Юпітера, плями на Сонці — інші світи, схожі й не схожі на наш. Так народилася спостерігальна астрономія, вірними супутниками якої незабаром стали фізика й математика. Сьогодні найбільші країни світу вкладають у розвиток астрономічних досліджень гігантські кошти — і не тільки для того, щоб задовольнити цікавість учених. Астрономія стала наукою найвищих технологій, що створює надчутливі оптичні та електронні прилади для спостережень на відстані та новітні засоби обробки інформації.

А не так давно вчені прийшли до дивовижного висновку — виявляється, при всій величезній кількості астрономічних відкриттів, зроблених тільки за останні півстоліття, ми дотепер не знаємо, із чого складається більша частина нашого Всесвіту, що таке «темна матерія» і «темна енергія», яка істинна природа «чорних дірок» і що таке насправді «кротячі нори» — дивовижні космічні об'єкти, які теоретики вважають свого роду «машиною часу». І звичайно ж, постійним завданням астрономії, починаючи із середини 20 століття, залишається пошук органічного життя у Всесвіті й позаземних цивілізацій — наших побратимів по розуму.

От чому астрономія залишається єдиною з наук про природу, де дослідників усе ще чекають дивовижні відкриття та неймовірні діяння.

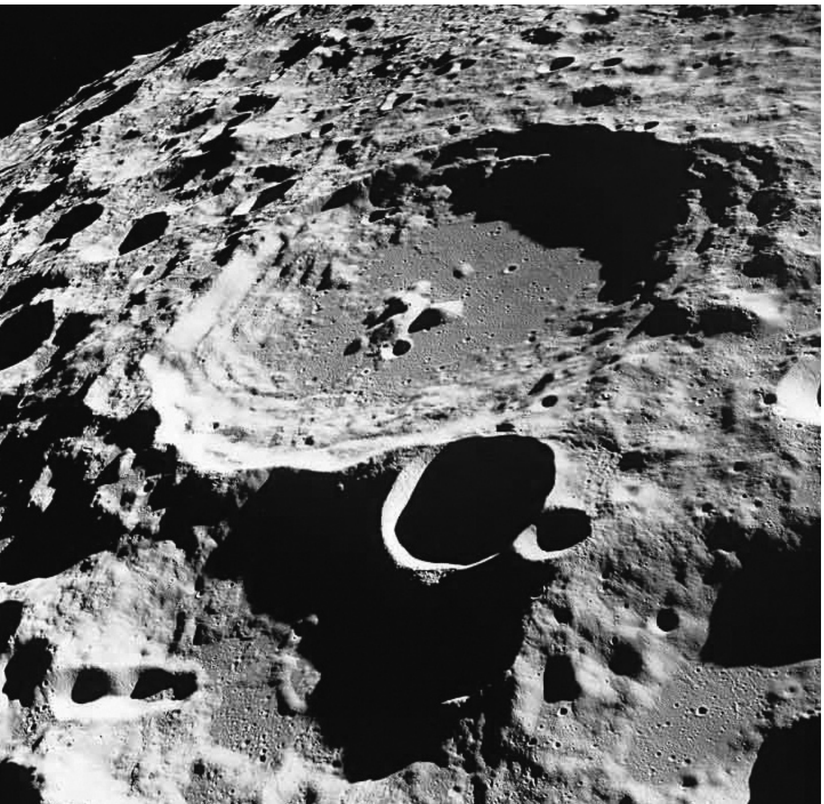
А тим часом, за опитуваннями, проведеними ООН, близько чверті жителів нашої планети дотепер вважають, що Сонце обертається навколо Землі, а не навпаки. Приблизно так само думали будівники Стоунхенджа і творці першого шумерського календаря. Ще більше людей сліпо вірить у всілякі астрологічні прогнози й передбачення.

Можливо, ця книга допоможе їм змінити свою точку зору.

«ЗОРЯНИЙ ЗАКОН»

Помітивши періодичність і повторюваність у русі небесних тіл, древні звіздарі незабаром здогадалися про існування законів, за якими рухаються Сонце й зірки, планети та їхні супутники. Тому й наука астрономія, що виникла набагато пізніше, одержала свою назву від двох грецьких слів «астрон» — зірка і «номос» — закон. Однак до відкриття істинних законів, що керують рухом зірок і величезних зоряних скупчень — галактик, — минуло багато століть. Спочатку астрономія була тісно пов'язана з астрологією й магією, тому що наші предки вірили в те, що світила впливають на все, що відбувається на Землі, у тому числі й на долю кожної людини. І лише наприкінці епохи Відродження видатні вчені Галілео Галілей, Ісаак Ньютон, Йоган Кеплер, Миколай Коперник заклали основи астрономії як точної науки. Нині астрономія, можливості якої неймовірно розширилися, вивчає Сонце, планети Сонячної системи та їхні супутники, астероїди, комети, метеорити, міжпланетну речовину, а також зірки та інші планетні системи, туманності, міжзоряну речовину, галактики та їхні скупчення, пульсари, квазари і безліч інших цікавих та дивовижних космічних об'єктів, список яких продовжує зростати з кожним роком.

Місячний кратер Дедал, знятий з борту космічного корабля «Аполлон-11». Кратер має діаметр 93 кілометри і розташований на невидимому із Землі боці Місяця



У МЕЖАХ МЕТАГАЛАКТИКИ

Наука, предметом якої є весь неосяжний Всесвіт, завжди ставила перед собою настільки ж грандіозні завдання.

Насамперед — це дослідження й пояснення видимих рухів небесних тіл і причин цих рухів. Це завдання астрономи почали вирішувати ще на початку Нового часу, коли були відкриті основні закони механіки й всесвітнього тяжіння. А оскільки спостереження за небосхилом велися із глибокої давнини, у цій галузі була накопичена найбільша кількість інформації, особливо про Сонце, Місяць, великі та малі планети Сонячної системи. Не менш важливим вважається вивчення будови небесних тіл, що стало можливим тільки з появою фотографії й методів спектрального аналізу в другій половині 19 століття. З ним тісно пов'язане рішення проблем походження й розвитку небесних тіл та їхніх систем — у цій галузі поки більше теоретичних припущень, ніж точних даних.

Але найскладнішим завданням астрономії є вивчення загальних властивостей Всесвіту, зокрема, тієї частини космосу, за якою вчені мо-

Один із найвідоміших об'єктів у Всесвіті — Крабоподібна туманність. Знімок отриманий за допомогою космічного телескопа «Хаббл»

жуть спостерігати за допомогою найпотужніших інструментів, — Метагалактики. Поки для цього недостатньо навіть найсучасніших фізичних теорій і найпотужніших інструментів, а щоб одержати експериментальні підтвердження своїх висновків, ученим довелося б вести спостереження на відстані кількох мільярдів світлових років від Землі.

Таких можливостей поки не існує, але астрономи не впадають у відчай. Щороку з'являються все нові засоби для одержання даних із глибин відкритого космосу.

ВІД АСТРОМЕТРІЇ ДО КОСМОГОНІЇ

Як і будь-яка сучасна наука, астрономія поділяється на кілька великих розділів. Усі вони тісно пов'язані між собою, а також із фізикою, математикою, астронавтикою й іншими науками. Так, астрометрія вивчає видимі положення й рухи світил, а також їхні зміни з часом. У її завдання входить складання зоряних каталогів, визначення найважливіших астрономічних сталих, методи визначення географічних координат, точного часу й розробка застосовуваних при цьому інструментів. Теоретична астрономія створює методи визначення орбіт небесних тіл за їхніми видимими положеннями на небосхилі, а небесна механіка вивчає закони їхнього руху під дією сил всесвітнього тяжіння, визначає маси й форму небесних тіл. Астрофізика вивчає будову, фізичні властивості й хімічний склад космічних об'єктів, закономірності руху зірок, утворення зоряних систем і розподілу міжзоряної матерії. І, нарешті, космогонія й космологія досліджують походження та зміну Всесвіту, галактик, зірок і планет, у тому числі й нашої Землі.

ЦІКАВО

У другій половині століття з'явився зовсім новий напрямок астрономічної науки — археоастрономія. Це незвичайний гібрид астрономії, археології, етнології, історії науки, історії релігії й науки про мову — лінгвістики. Археоастрономія вивчає астрономічні знання наших віддалених предків, допомагає зрозуміти на основі пам'яток культури, якими були їхні уявлення про Всесвіт. Крім того, вона допомагає встановлювати дати зведення стародавніх споруд, опираючись на дані про зміни нахилу земної осі за останні десять тисячоліть.

Гігантські радіотелескопи — інструмент, яким користуються сучасні астрономи

ВДИВЛЯЮЧИСЬ У НЕБЕСА

Уже в кам'яному віці первісні люди помітили залежність між різними астрономічними явищами, рухом світил і зміною пір року. У їхніх наскальних малюнках та особливих спорудах із кам'яних блоків і плит — мегалітах — з'являються знаки й символи, які вчені тлумачать як астрономічні. Кочові народи залишили мало слідів своєї астрономічної діяльності, але з переходом до землеробства і появою найдавнішої писемності в текстах шумерів й єгиптян починають постійно зустрічатися назви світил і небесних явищ. Так, у «Текстах пірамід», що належать до 25 століття до нашої ери, як і в Біблії, простежений річний цикл руху Сонця і зміна його положення на небосхилі відносно горизонту. Чимало найдавніших астрономічних спостережень доніс до нас фольклор народів Близького Сходу, Індії й Китаю.

У цей же час склалися міфологічні уявлення про Всесвіт як про Світове Древо, у кроні якого зріють дивовижні плоди-світила — Сонце, Місяць, планети, зірки, кожне з яких ототожнюється з тим чи іншим божеством. Стовбур Світового Древа надійно пов'язує небо й землю, а коріння іде глибоко в підземний світ, що уявлявся нашим пращурам «небом навпаки».

Спостерігаючи за змінами на небесній сфері (рух світил, комет, метеорів), люди виявили, що вони пов'язані зі зміною сезонів на Землі. Це наштовхнуло їх на думку, що все, що відбувається на небі, впливає на земну історію або пророкує найважливіші події — народження царів, війни, голод, епідемії. Так народилася астрологія, яка за всю свою багатовікову історію принесла єдину користь: віра сильних світу цього у здатність світил розкривати майбутнє сприяла розвитку наукової астрономії. Якби не це, дивакам-звіздарям нелегко було б довести, що їхнє заняття приносить хоч якусь користь.

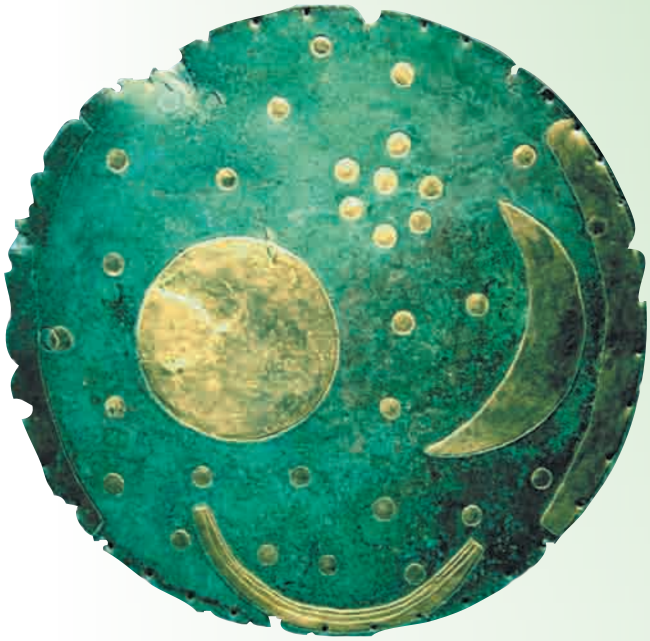
Найдавнішими астрономічними інструментами були гномон (тичина для виміру висоти Сонця за довжиною тіні) і календар. І тільки у 3—4 століттях до нашої ери з'явилися різні пристрої, що дозволяли вимірювати кут між обрією і висотою того чи іншого світила.

Кам'яний календар ацтеків

ЦІКАВО

Особливим родом календарів були такі, які відображали віру людей у вищі сили й тварин-заступників, тісно пов'язаних із життям роду, племені й навіть цілого народу. У таких календарях роки утворюють цикли, що повторюються, причому кожний рік присвячений тій чи іншій тварині. Так, у стародавніх аріїв цикл тривав 32 роки, і, відповідно, людей захищало стільки ж тварин, в ацтеків цикл становив 20 років, а у деяких народів Південно-Східної Азії дотепер у ходу 12-річний цикл. Прості чи складні, бронзові, кам'яні або дерев'яні, календарі стали невід'ємними супутниками перших цивілізацій, що зародилися на Землі.

Сонячний візок — скульптурне зображення візка епохи бронзового віку, виявлений в 1902 р. у Данії. Сонце у вигляді позолоченого бронзового диска спочиває на легкій колісниці, запряженій скакуном. Позолочений тільки один бік диска, тому що 40 століть тому предки стародавніх скандинавів вважали, що в Сонця два боки — блискучий денний і темний нічний. Цікаво, що справжні колісниці з'явилися в Європі тільки через тисячу років



«Небесний диск» із Небри

НА КАМЕНІ ТА В БРОНЗІ

Календарний відлік часу з'явився приблизно шість тисяч років тому на землях між ріками Тигр і Євфрат. Спочатку в основу відліку часу була покладена зміна зовнішнього вигляду Місяця — цикл, що триває близько 29 днів. Такі календарі дотепер використовують деякі світові релігії, зокрема, за фазами місяця визначаються дати релігійних свят в ісламі і навіть дата Великодня у християн.

Однак місячний календар був недостатньо точним — рік у ньому тривав значно менше, тому час від часу доводилося вставляти додаткові місяці. На зміну місячним календарям у другому тисячолітті до нашої ери прийшли сонячно-місячні, у яких рік тривав 354 дні, але й вони поступилися пальмою першості зоряним календарям, заснованим на спостереженні протягом року за положенням найбільш яскравих зірок на небосхилі. Такі календарі, створені індіанськими цивілізаціями на американському континенті, за точністю майже не відрізнялися від тих, якими ми користуємося сьогодні.

Календарі минулого часто були монументальними спорудами з каменю або бронзи, найчастіше їх встановлювали в храмах і святилищах. Їх обладнували особливими пристроями, що дозволяють точно визначити дві найважливіші дати, які шанувалися людьми минулого,— день весняного рівнодення і день літнього сонцестояння.

СВЯТИЛИЩЕ-КАЛЕНДАР

Найвідоміша в Європі мегалітична споруда — Стоунхендж — була одночасно і святилищем, і календарем. Святилище складається з 30 величезних кам'яних блоків заввишки більше п'яти з половиною метрів, що утворюють коло. Положення блоків та з'єднувальних каменів дозволяє точно визначати день літнього сонцестояння за допомогою спеціального «прицільного» каменя. Стоунхендж, споруджений наприкінці другого тисячоліття до нашої ери, служив для здійснення релігійних обрядів, у яких, напевно, найважливіша роль відводилася Сонцю.

«НЕБЕСНИЙ ДИСК» ІЗ НЕБРИ

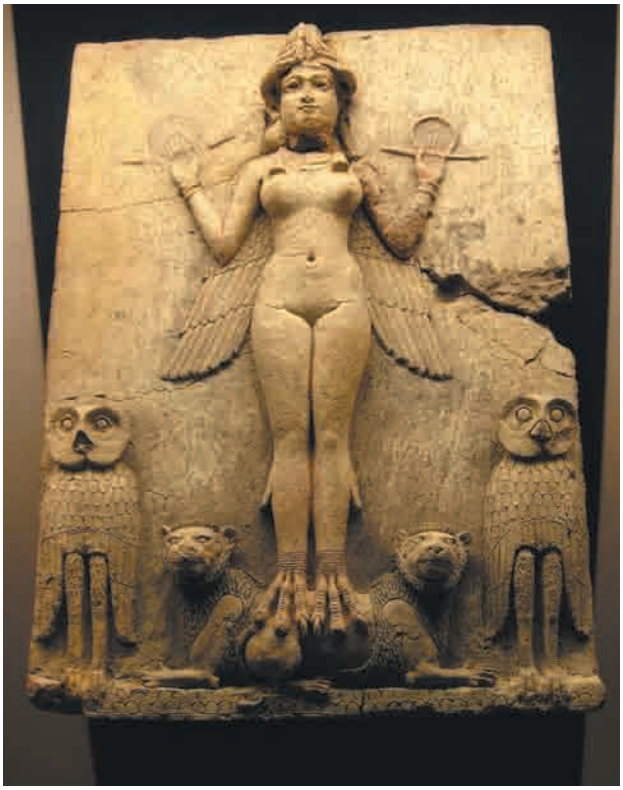
Найдавнішим із «переносних» астрономічних приладів, що дійшли до нас, вважається так званий «Небесний диск», виявлений археологами в 1999 році в містечку Небра неподалік від Лейпцигу. Це бронзовий диск діаметром 30 см із вставками із золота, що зображують Сонце, Місяць і 32 зірки, у тому числі сузір'я Плеяди, виготовлений стародавніми європейцями приблизно в 17—18 століттях до нашої ери. Цікаво, що мідь для бронзового сплаву, з якого виготовлений диск, добута в Чехії, а золото для обробки — у Карпатах.

«Небесний диск» використовувався для вимірювання кута між точками сходу й заходу Сонця під час сонцестоянь. На використання диска як астрономічного приладу вказує додавання уздовж його краю дугоподібних золотих пластин, ще одна золота пластина відповідає Чумацькому Шляху.

Стоунхендж

ПІД ЗНАКОМ МОЛОДОГО МІСЯЦЯ

Дві великі цивілізації давнини — вавилонська і єгипетська — не випадково виникли й утворили складні й високорозвинені культури в долинах і низов'ях великих рік — Тигру, Євфрату і Нілу. Там були найсприятливіші умови для землеробства, а осілий хлібороб міцно прив'язаний не тільки до своїх полів, але й до зміни природних циклів, пір року, до розливів рік і настання посухи. Тому і шумери, і єгиптяни дуже рано почали створювати календарі, які базувалися на суворій періодичності астрономічних явищ, і насамперед — фаз Місяця. Завдяки винаходу й поширенню писемності збереглося чимало документальних свідчень розвитку астрономії в Межиріччі та в долині Нілу. Успіхи в математиці дозволили людям уже в третьому тисячолітті до нашої ери узагальнити результати багатовікових спостережень за рухом світил: сходом і заходом планет, сонячними й місячними затемненнями, сузір'ями, розташованими уздовж видимого шляху Сонця по небосхилу.



Вавилонська богиня Іштар, уособлення планети Венера

Зіккурат в Урі. Шумери, чиї предки були жителями гір, переселившись на рівнину, почали зводити зіккурати як культові споруди, які повинні були нагадувати народу про його походження. На вершинах зіккуратів поклонялися богам, звідти ж жерці вели астрономічні спостереження. Навіть стіни цих святилищ фарбувалися в символічні кольори планет — чорний (Сатурн), білий (Меркурій), пурпуровий (Венера), синій (Юпітер), яскраво-червоний (Марс), срібний (Місяць) і золотий (Сонце)

ТВОРЦІ ЗОДІАКУ

Шумерська цивілізація, спадкоємцем якої став Вавилон, існувала з четвертого до середини першого тисячоліття до нашої ери. Серед матеріальних свідчень про життя й діяльність шумерів збереглася безліч глиняних табличок, заповнених своєрідною писемністю — клинописом. А серед них — і таблички із записами моментів сходу Місяця і його першої появи у фазі молодика, зроблених біля чотирьох тисяч років тому.

Як і багато інших народів, шумери й вавилоняни вели місячний календар і починали відлік днів місяця з першої появи місячного серпа в променях вечірньої заграви. Його легко було помітити в ясну погоду, але передбачити заздалегідь, у який саме вечір з'явиться молодий Місяць, було непростим завданням. Одним із серйозних досягнень шумерської астрономії була розробка системи обчислень для передбачення цього найважливішого явища.

Планета Венера — один із найяскравіших небесних об'єктів, її можна побачити в сутінках на заході, а зранку — на сході. Не дивно, що вечірній захід і ранковий схід Венери також постійно записувалися на глиняних табличках, а потім обчислювалися і передбачалися. У найбільш ранні зі збережених табличок записані також сходи й заходи деяких яскравих зірок.

ЦІКАВО

Відповідно до шумеро-аккадської міфології, верховним богом неба визнавався бог Ану — найстарший і наймогутніший із богів пантеону Межиріччя. Це стало міфологічною традицією — у безлічі релігій верховне божество править небесами, воно ж є батьком усіх інших богів. Але при цьому «небесний» бог усюди найтіснішим чином пов'язаний із богинею, що представляє сили землі, і без неї та її потомства був би приречений залишатися на самоті при всій своїй могутності. У шумерів така богиня мала ім'я Кі, у єгиптян — Хатхор, у стародавніх греків — Гея.

Але особливу увагу астрономи Шумеру й Вавилону приділяли зіркам і сузір'ям Зодіаку — смуги, що проходить уздовж видимого шляху Сонця по небосхилу. У межах цієї смуги — сьогодні її називають екліптикою — переміщаються всі видимі неозброєним оком планети, і шумери були першими, хто це виявив. Вони розділили Зодіак на дванадцять рівних частин, назвавши кожну з них ім'ям найближчого сузір'я. Шумерські звіздарі вперше в історії науки почали використовувати ті ж кутові одиниці, якими користуємося й ми — вони розділили все небо на 360 частин, тобто градусів. Чому саме в такий спосіб? Тому що в основі шумерської системи лічби лежало два числа — 60 і 12. Багато народів, зокрема англійці й росіяни, ще у 19 столітті лічили «на дюжини» — так само, як і шумери.

У другому тисячолітті до нашої ери у Вавилоні вдалося знайти способи узгодження місячного й сонячного календарів, обчислити майбутні зміни тривалості дня і навіть час настання місячних затемнень. Вавилонські жерці створили безліч астрономічних таблиць, а коли обробили свої багатовікові записи, зробили видатне відкриття — виявили, що проміжок часу в 235 місяців абсолютно точно збігається з 19 сонячними роками. У Вавилоні вперше з'явився і семиденний тиждень, кожний із днів якого був присвячений одному із семи відомих тоді світил — Сонцю, Місяцю й п'яти планетам.

У КРАЇНІ ПІРАМІД

Як і шумери, єгиптяни в давнину використовували місячний календар, але вже в другому тисячолітті до нашої ери вирішили, що він занадто складний і заплутаний, і розділили рік на 365 днів (12 місяців по 30 днів і 5 святкових днів наприкінці року). Єгипетські жерці також вели багатовікові записи сходу й заходу яскравих зірок, використовуючи їх для рахування часу. Особливий інтерес мають єгипетські піраміди: у країні фараонів за п'ятнадцять століть до нашої ери були не тільки відмінні астрономи, але й видатні геометри й топографи. Піраміди і багато єгипетських монументів із разючою точністю орієнтовані за сторонами світу (і це при тому, що до винаходу компаса залишалося майже тисячоліття). Деякі вентиляційні коридори й шахти в пірамідах дивляться точно на верхні точки сходження найяскравіших зірок і могли служити астрономічними приладами.

Розливи Нілу, з якими було пов'язане благополуччя всієї єгипетської цивілізації, відбуваються на початку літа, і саме на цей час припадає перший схід найяскравішої зірки неба — Сиріуса. До цього моменту Сиріуса не видно. Тому і свій рік єгиптяни пов'язали із проміжком між двома сходженнями цього світила.

У глибоку давнину в єгипетському календарі не було тижнів, а місяць ділився на три декади, але пізніше, під впливом вавилонян, з'явився семиденний тиждень. Єгиптяни першими розділили добу на 24 години, але спочатку години були нерівними — коротшими у світлий час доби, і довшими в темний, але до 4 століття до нашої ери вони стали такими, як і в наші дні.

Центром Всесвіту єгиптяни вважали Землю. При цьому вони думали, що Меркурій і Венера обертаються навколо Сонця, а разом із ним — і навколо Землі. Все небо вони поділяли на 45 сузір'їв, які носили імена численних божеств і міфічних істот.

Єгипетський бог Сонця Ра

«ЕЛЛІНСЬКЕ ДИВО»

Стрімкий розквіт давньогрецької цивілізації часто називають «еллінським дивом». Греки перейняли численні знання і вчення Єгипту й Вавилону, але змінили й привели в систему так, як самі вони бачили й розуміли світ. Астрономія в Стародавній Греції стала однією з найважливіших наук — нею займалися не тільки мореплавці й купці, але й найвидатніші філософи, які найчастіше були також ученими обширних знань. Давньогрецька карта неба й назви багатьох астрономічних об'єктів збереглися до наших днів. Ще в 9 столітті до нашої ери в поемах Гомера «Іліада» й «Одіссея» були описані прийоми визначення місяця й року, ведення календаря й відліку часу.

Великий давньогрецький філософ Платон (428—348 рр. до н. е.) був переконаний у кулястості Землі, хоча його попередники завжди зображували її у вигляді диска. Платон стверджував, що космос не вічний, тому що складається з речей, а всі речі старіють і помирають. Величезний вплив на астрономів Греції мав заклик Платона зрозуміти нерівномірність у русі різних світил і привести ці «недосконалі рухи» до «досконалих», тобто до рухів по колу.

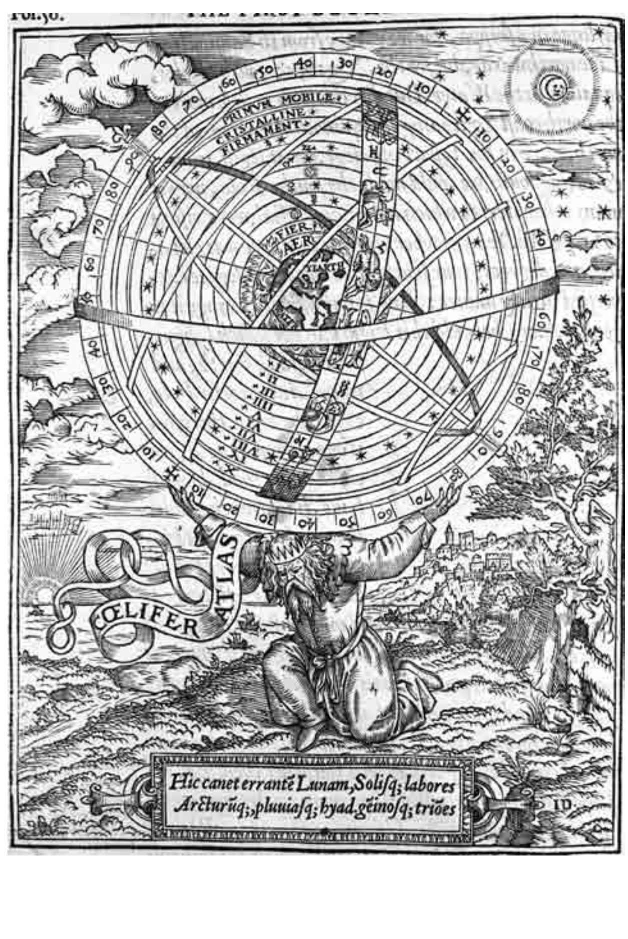
Сузір'я Оріона, одне з перших, що згадується давньогрецькими астрономами

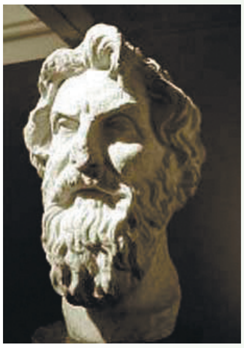
УЧЕНЬ ЄГИПЕТСЬКИХ ЖЕРЦІВ

Першим, хто почув заклик Платона, був Евдокс Кнідський (408—355 рр. до н. е.), творець цілої астрономічної школи, що заклав основи теоретичної астрономії. Евдокс був творцем неймовірно складної схеми руху планет, яка, однак, пояснювала їхнє поводження на небі — усіх, за винятком Марса. Він також склав перший у Європі зоряний каталог.

Греки вважали, що небо складається із твердих прозорих оболонок — сфер, що розташовані на різних висотах від поверхні Землі і обертаються навколо неї. Світила не рухаються самі по собі, а закріплені нерухомо на цих оболонках. На найбільш віддаленій від Землі сфері розташувалися зірки, тому що їхнє положення одна відносно одної не змінювалося. Кожна зі сфер оберталася з постійною швидкістю. Підбираючи швидкості обертання, взаємне розташування сфер і кути нахилу їхніх осей, Евдокс зумів пояснити навіть таку загадку, як петлі, що описують на небі Марс, Юпітер і Сатурн на тлі зірок. Пізніше цю теорію включив у своє вчення про природу філософ Арістотель (384—322 рр. до н. е.), який сам був учнем Евдокса. Але ніякі зусилля не змогли зробити її достатньо точною — адже «сфер Евдокса» просто не існувало в природі.

Середньовічне зображення небесних сфер і прикріплених до них планет





У ПОШУКАХ ІСТИНИ

Великий давньогрецький астроном і філософ Аристарх Самоський (310—250 рр. до н. е.) народився на острові Самос в Егейському морі. Одним із перших він використав геометричні обчислення для визначення розмірів Сонця й Місяця і знаходження співвідношень між їхніми розмірами й орбітами, по яких ці світила рухаються. Правда, він допустив чимало помилок, і в результаті діаметр Сонця вийшов усього в шість разів більшим від земного, а Місяця — у три рази меншим. Аристарх вважав, що денне світило перебуває в центрі нашої планетної системи, незважаючи на те, що сучасники просто глузували з цієї ідеї і звинувачували вченого в образі богів. Зміну дня й ночі на Землі він пояснював абсолютно вірно — обертанням Землі навколо своєї осі, а Місяць називав супутником Землі.

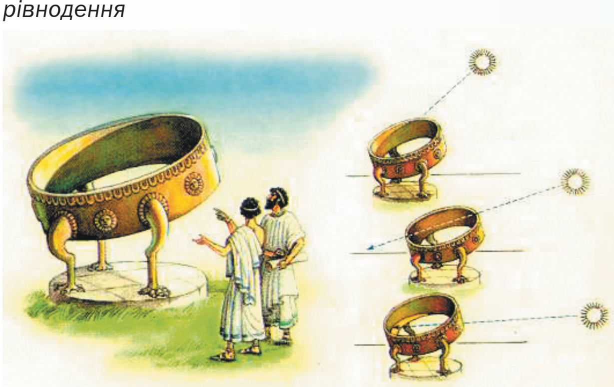
Саме Аристарх Самоський першим використав математичні розрахунки для підтвердження своєї теорії, що лише через багато століть стала загальновизнаною.

ЗВІЗДАР ІЗ НІКЕЇ

Гіппарха Нікейського (161—126 рр. до н. е.) часто називають найвидатнішим астрономом давнини. Він провів багато точних спостережень і порівняв їх із результатами вавилонських астрономів. Гіппарх склав новий каталог, що включав понад тисячу зірок, і, порівнявши його з більш старими каталогами, помітив, що координати довготи всіх зірок зміщуються приблизно на градус у століття, тоді як координати широти залишаються постійними. Із цього вчений зробив висновок, що положення Сонця щодо зірок міняється з часом, і момент рівнодення в кожному новому році настає трохи раніше, ніж у минулому. Гіппарх першим увів поняття зоряних величин, розділивши всі зірки на шість категорій — від найяскравіших до ледь видимих оку.

Гіппарх Нікейський був майстром точних вимірів. Так, визначивши, що тривалість сезонів — літа, зими, осені й весни, трохи відрізняється, він зрозумів, що це явище пояснюється не нерівномірністю руху Сонця (тоді усе ще вважалося, що Сонце обертається навколо Землі), а його особливим положенням на небесній сфері.

Екваторіальне кільце — прилад, яким користувався Гіппарх Нікейський для визначення моменту настання рівнодення



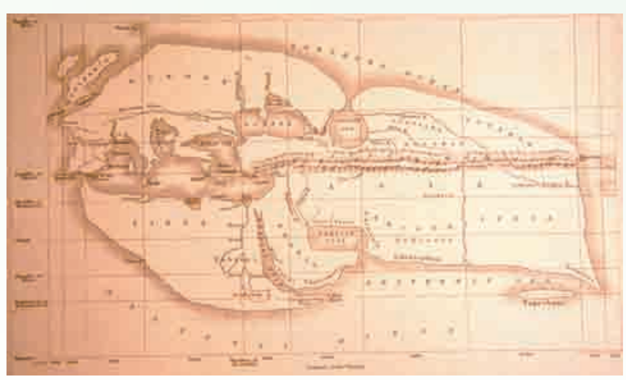
Давньогрецький астроном і географ Ератосфен у 240 р. до н. е. досить точно виміряв довжину земної окружності й нахил земної осі. Учений довгий час був головним хранителем знаменитої Александрійської бібліотеки і для своїх астрономічних спостережень установив над входом у неї великі армілярні сфери — прилади, що служили для визначення положення небесних світил

ЦІКАВО

Хранитель Александрійської бібліотеки Ератосфен був не тільки астрономом і географом, але й картографом, математиком, істориком, літературознавцем і поетом. Завдяки своїй ученості він одержав у сучасників прізвисько «Бета» — за назвою другої букви грецького алфавіту. Зміст цього прізвиська полягає в тому, що сучасники бачили в Ератосфені другого після Платона найвидатнішого вченого Еллади.

У наші дні ім'ям Ератосфена названий великий кратер на Місяці.

Мапа Ератосфена



ТИСЯЧОЛІТТЯ ПТОЛЕМЕЯ

Давньогрецький астроном, математик і географ Клавдій Птолемей (87—165 рр. н. е.) був однією з найвидатніших фігур у науці свого часу, а в астрономії йому не було рівних протягом цілого тисячоліття. Ми майже нічого не знаємо про його особу й біографію — відомо тільки те, що Птолемей мав римське громадянство, зате його головна астрономічна праця настільки перевершила праці всіх астрономів елліністичної епохи, що їх просто перестали переписувати й вони були навіки втрачені.

Праця Птолемея звалася «Велика математична побудова», а через кілька століть арабські вчені, що опиралися у своїх дослідженнях на досягнення Птолемея, дали їй ім'я «Альмагест», що означає «Велика книга». Під цією назвою книга увійшла в історію світової науки, вивчалася й коментувалася на Заході й на Сході доти, доки не з'явилася система Коперника. В «Альмагест» включено всі досягнення астрономії, починаючи з глибокої давнини, ряд відкриттів, зроблених самим Птолемеєм, а також каталог зоряного неба зі списком 48 сузір'їв і 1022 зірок.

Клавдій Птолемей. Із гравюри 16 століття, доданої до першого європейського видання знаменитого «Альмагеста»

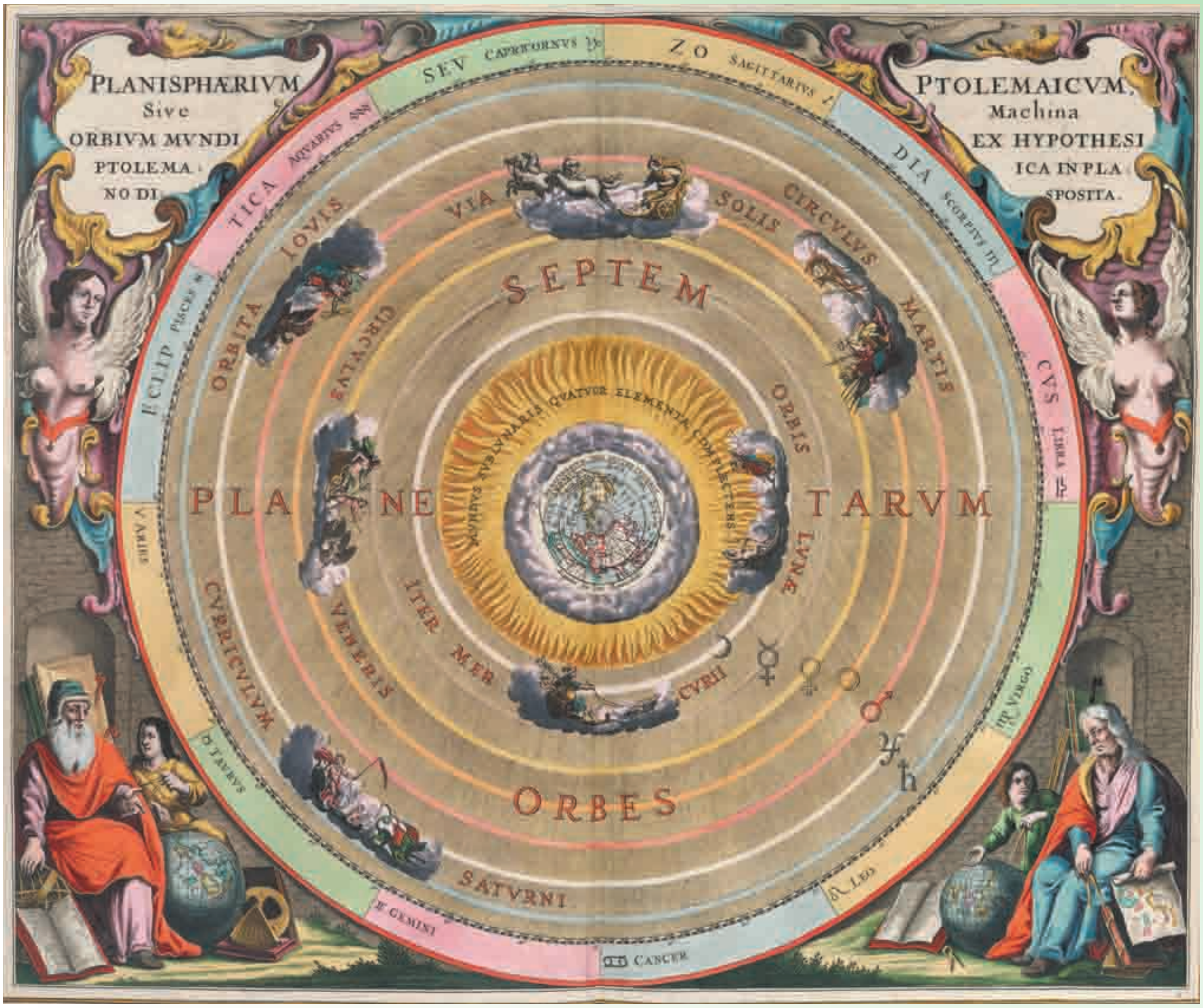
З АСТРОЛАБОНОМ І ТРИКВЕТРУМОМ

«Альмагест» Птолемея — величезний трактат, свого роду небесна енциклопедія. У ньому описані прилади, у тому числі й винайдені самим Птолемеєм — астролабон і трикветрум, за допомогою яких визначали координати світил і кутові відстані між ними. Учений виклав методи проведення спостережень, привів таблиці положення зірок і обчислених ним майбутніх положень планет, детально пояснив різні теорії руху планет і показав, як ними користуватися на практиці. Але найголовніше — великий астроном зумів створити теорію видимого руху по небу Сонця, Місяця й п'яти відомих у той час планет, відому як «система Птолемея».

Астролабон — прилад для визначення координат світил, попередник астролябії

Ця система була досить складною — хоча б тому, що Птолемею довелося підібрати такі розміри орбіт і швидкості руху небесних тіл (які не мають нічого спільного зі справжніми), які й справді дозволяли передбачати їхній рух, час настання затемнень і одночасної появи всіх планет на земному небі. Здатність передбачати космічні явища мала для того часу величезне значення. Вона зміцнювала віру в те, що світ влаштований розумно та існують закони, яким він підкоряється. А в повсякденному житті математичні методи, розроблені Птолемеєм, дозволяли розраховувати календарі, передбачати затемнення і, звичайно ж, складати гороскопи для правителів і цілих держав.

Щоб «упорядкувати» рух планет Сонячної системи (хоча її слід було б називати «Земною», тому що, за Птолемеєм, у центрі перебувала Земля), довелося крім кругових орбіт ввести так звані епіцикли — додаткові рухи, які здійснюють деякі з планет на своїх головних орбітах. Тобто кожна з планет, потрапляючи в епіцикл, описує наче «мертву петлю» і знову повертається на звичний шлях. Тільки так вдалося дати пояснення різним примхам Марса і Юпітера, Меркурія й Венери.



Геоцентрична система Птолемея

ЦІКАВО

Ефемеридами називають в астрономії таблиці заздалегідь обчислених, або попередньо обчислених, як говорять астрономи, небесних координат Сонця, Місяця, планет та інших небесних тіл на певні моменти часу — наприклад, на північ кожної наступної доби. Такі таблиці створювалися із глибокої давнини і продовжують виходити донині, тому що з їхньою допомогою найпростіше визначити положення судна в морі або мандрівника в пустелі. Більшість астрономів минулого, у тому числі і Клавдій Птолемей, віддали належне обчисленню ефемерид.

У наші дні ефемеридами іменують небесні координати штучних супутників різних систем, що використовуються для морської, повітряної й наземної навігації.

Система Птолемея була абсолютно неправильною — істинні положення й характер руху Сонця, Місяця й планет були іншими. І все-таки, протягом 1500 років вона вірно служила морякам і астрономам, мандрівникам і географам. Нічого подібного в історії астрономії більше ніколи не траплялося.

Великий грек залишив нам ще одну видатну працю — «Географію», повне зібрання знань про географію всього відомого людям античності світу. Але і ця велика книга значною мірою була «астрономічною», тому що містила в собі посібник зі складання атласу світу із вказівкою точно виміряних координат кожного пункту. Карти на основі цієї праці Клавдія Птолемея використав Христофор Колумб під час своєї подорожі через Атлантику до берегів Америки.

Своїми працями Птолемей завершив розвиток давньогрецької астрономії, а з настанням феодалізму і поширенням християнства в Європі інтерес до наук про природу на довгі роки згас.

ЗА МЕЖАМИ ОЙКУМЕНИ

Ойкуменою стародавні греки називали всі відомі їм землі, заселені різними народами. Із часів походів Александра Македонського (356—323 рр. до н. е.) вони довідалися про існування Індії, але в жодній з праць античних географів не згадуються Китай, і вже тим більше — цивілізації стародавньої Мезоамерики — майя, тольтеки й ацтеки. А тим часом як на Далекому Сході, так і на крайньому Заході астрономія успішно розвивалася. Багато відкриттів були зроблені стародавніми азіатськими й американськими астрономами задовго до того, як вони стали надбанням європейської науки.

Один із найвидатніших винаходів китайців — компас

ПІД ЗНАКОМ ЖОВТОГО ДРАКОНА

Найвищого розвитку стародавня астрономія Сходу досягла в Китаї. Уже наприкінці 3 тис. до н. е. при дворі правителя країни існували дві посади придворних астрономів, а в 12 столітті до н. е. у різних кінцях Китаю почали зводити обсерваторії для спостереження за рухами світил. Варто сказати, що китайська астрономія була насамперед астрологією, а складання гороскопів — карт впливу світил на тих або інших людей і події — було звичайною справою за багато століть до нашої ери.

Першим китайським астрономічним твором, що дійшов до нас, вважається «Ши цзин» («Книга пісень»), що була створена в 4 столітті до н. е. У ній містяться окремі відомості про рух планет, Сонця й Місяця. Приблизно в цей же час китайці визначили тривалість сонячного року (365,25 дня). Цікаво, що в Китаї небесне коло ділили не на 360, а на 365,25 градуса або на 28 сузір'їв, розташованих, на відміну від вавилонського Зодіаку, уздовж видимого шляху не Сонця, а Місяця. А Чумацький (Молочний) Шлях називався майже так само, як і в європейців — Молочною рікою.

Вежа Лан'ятай, зведена близько 1000 р. до н. е., — найдавніша зі збережених до наших днів китайських обсерваторій

Починаючи із середини 3 тис. до н. е. китайські астрологи вели докладні записи всіх «небесних подій» — затемнень, появи нових зірок, «зірок із мітлою» — комет, метеорів. Перший запис про появу комети на небосхилі належить до 2315 р. до н. е., про місячне затемнення — до 1137 р. до н. е., про сонячне — до 720 року до н. е., перший метеоритний дощ зареєстрований у 687 р. до н. е. У 301 р. китайські вчені відкрили існування плям на Сонці, які потім спостерігали багато разів.

Про рівень розвитку астрономії в Китаї свідчить легенда, відповідно до якої в 2137 р. до н. е. були страчені два астрономи, що не зуміли заздалегідь передбачити сонячне затемнення.

У 6 столітті до н. е. усюди в Китаї був прийнятий сонячно-місячний календар. Початком року вважався день зимового сонцестояння, початком місяця — молодик. Доба ділилися на 12 годин, кожна з яких мала назву, що збігалася з назвами місяців у році. Роки поєднувалися в 60-літній цикл: кожний рік присвячувався одній з 12 тварин — сузір'їв Зодіаку, і одній з п'яти стихій (вода, вогонь, метал, дерево, земля).

ПОЕТ І ЗВІЗДАР

Протягом довгого часу індійська цивілізація залишалася байдужою до астрономії. Із стародавніх ведичних текстів відомо, що Всесвіт в Індії вважався розділеним на три різні частини: небо, небесний схил і Землю. Однак до настання так званого «золотого століття індійської астрономії й математики» тут не складали зоряних каталогів, ефемерид і не вели інших астрономічних записів.

Усе змінилося в ту епоху, у яку довелось жити видатному астрономові й математику Аріабхаті (476—550 рр.). Цей геніально обдарований учений і поет

у віці 23 років створив віршований трактат, у якому всього в 123 строфах виклав систему чисел, таблицю синусів, моделі нашої планетної системи, способи обчислення часу затемнень і методи визначення зоряних координат. Цей трактат призначався для завчання напам'ять, а отже, уже існували школи, у яких викладалися основи астрономії. Очевидно, що Аріабхата не сам одержав наукові відомості, які він виклав у своєму трактаті, для цього він був занадто молодий, однак йому вдалося створити короткий звід астрономічних і математичних знань своєї епохи, опираючись на давню традицію.

Система світу, якої дотримується Аріабхата,— це давньогрецька модель із рухом планет по епіциклах. Він вважав, що планети розташовуються навколо Землі в наступному порядку: Місяць, Меркурій, Венера, Сонце, Марс, Юпітер, Сатурн, і висловив здогад, що обертання небес — тільки гадане, і є наслідком обертання Землі навколо своєї осі. У своєму творі Аріабхата правильно пояснює причини сонячних і місячних затемнень і наводить досить точні дані для зоряного року і окружності Землі.

У кінці 7 століття трактат Аріабхати був перекладений на арабську мову; ним користувався великий астроном ал-Біруні.

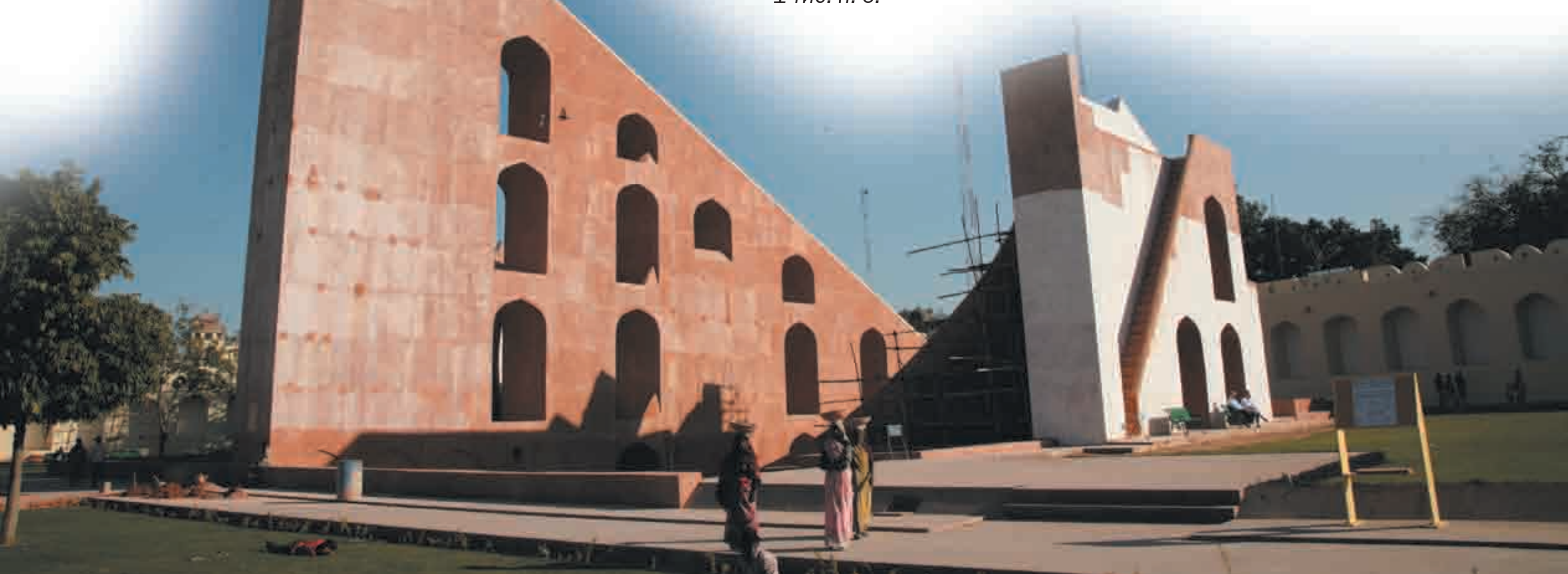
Руїни обсерваторії в Чичен-Іці — великому політичному й культурному центрі цивілізації майя. 5 століття н. е.

ЦИВІЛІЗАЦІЯ СОНЦЯ Й МІСЯЦЯ

Цивілізація майя, що виникла в 2 столітті на півострові Юкатан у Мексиці, надавала дуже велике значення астрономічним знанням. Про це свідчать археологічні розкопки численних міст майя, духовними центрами яких були храми Сонця й Місяця, а також обсерваторії для спостереження за рухом світил. Стародавні астрономи майя вміли пророкувати затемнення і пильно спостерігали за найбільш добре видимими астрономічними об'єктами — такими, як сузір'я Плеяд, Меркурій, Венера, Марс і Юпітер. На жаль, до наших днів дійшло всього чотири рукописи астрономів-майя, і ті не завжди піддаються розшифровці.

Майя з великою точністю визначили синодичні періоди всіх планет і створили дуже точний календар, у якому місяць складався з 20 днів, а тиждень — з 13.

Вежа обсерваторії Самрат Янтра в Джайпурі (Індія), що водночас є найбільшим сонячним годинником у світі. 1 тис. н. е.



ВЕЛИКІ УЧНІ

У той час як астрономія в Європі після руйнування Риму в 5 столітті варварами згасала, ця наука пустила міцне коріння в сусідніх культурах Центральної Азії й арабського світу. Прийнявши християнство, європейці на довгі століття відмовилися від спадщини античних філософів, математиків, дослідників природи. Праці знаменитих астрономів минулого були забуті, а багато з них — назавжди втрачені.

По-іншому поставилися до скарбів античності в країнах Середнього Сходу, де арабська мова стала мовою релігії, науки й культури. Праці Арістотеля, Платона, Аристарха Самоського, Гіппарха, що вціліли в бібліотеках міст на азіатському узбережжі Середземного моря, перекладалися на арабську, поширювалися і глибоко вивчалися. «Альмагест» Птолемея став настільною книгою декількох поколінь арабських мудреців і дав потужний поштовх розвитку східної філософії, математики, астрономії. Новий період розвитку астрономії в 9—11 століттях був пов'язаний з діяльністю таких видатних учених-енциклопедистів, як ал-Біруні, ал-Баттані, ат-Тусі, ібн Юніс, Улугбек і багатьох інших. Були побудовані численні обсерваторії, найбільшою з яких стала обсерваторія Улугбека в Самарканді, і нові спостереження дозволили виправити помилки Птолемея і здійснити чудові відкриття.

«САБЕЙСЬКИЙ ЗИДЖ»

Абу Абдаллах ібн Джабір ал-Баттані (858—929 рр.), видатний середньовічний астроном і математик, походив із племені сабеїв, що кочувало в Південній Аравії. Нам невідомо, де й коли він одержав блискучу освіту, але вже у віці 22 років ал-Баттані провів безліч астрономічних спостережень у Дамаску і склав за їхніми результатами так званий «Сабейський зидж». Зиджами називали в країнах ісламу астрономічні таблиці з додаванням правил їхнього використання і доказами істинності цих правил. Зиджі були потрібні для складання календарів, визначення тривалості дня й часу здійснення намазу — щоденної п'ятиразової молитви.

Ал-Баттані набагато точніше, ніж Птолемей, визначив нахил земної осі, а надалі написав ряд трактатів — зокрема, «Трактат про відстані до небесних світил» і ряд творів з астрології. Праці вченого були перекладені на латину і дуже вплинули на європейську астрономію, у тому числі й на Миколая Коперника.

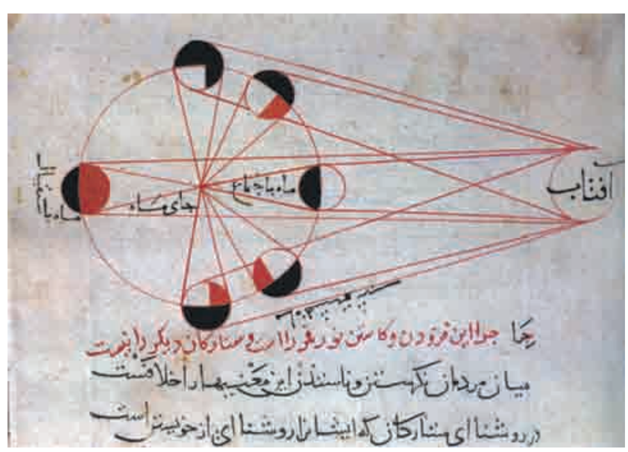
Пам'ятник ал-Біруні в Тегерані

НЕ МОЖНА ЗАЛИШАТИ ЦЕЙ СВІТ НЕВІГЛАСОМ!

Такими були останні слова великого середньоазіатського вченого Абу Райхана Мухаммада ал-Біруні (973—1048 рр.). Ал-Біруні володів майже всіма науками свого часу, і йому належить безліч праць з історії, географії, філології, математики, геодезії, мінералогії, фармакології, геології. Але особливе місце серед них займає астрономія.

Учений народився в Хорезмі, жив і працював у древній шахській столиці Кяті, у Гурганджі, провів кілька років в Індії. У своєму першому творі «Хронологія, або Пам'ятки минулих поколінь», що побачив світ у 1000 р., ал-Біруні зібрав і описав усі відомі в його час системи календарів, що застосовувалися у різних народів світу. У цілому ж астрономії присвячені 45 праць великого вченого, головною з яких вважається «Канон Масуда з астрономії й зірок». Тут ал-Біруні висунув припущення про те, що Земля рухається навколо Сонця, яке, на відміну від планет, має однакову із зірками «вогненну» природу. Тут же вчений висунув припущення про існування всесвітнього тяжіння, роз-

Ілюстрація із книги ал-Біруні із зображенням різних фаз Місяця



рахував радіус Землі, описав зміну забарвлення Місяця при місячних затемненнях і сонячну корону при сонячних затемненнях.

БУДІВНИК МАРАГИ

Абу Джафар Насір ад-Дін ат-Тусі (1201—1274 рр.) — великий перський математик і астроном 13 століття. Він був, за звичаєм того часу, носієм універсальних знань. Йому належать твори з філософії, географії, музики, оптики, медицини, мінералогії. У період монгольського завоювання Середньої Азії ат-Тусі був призначений придворним астрологом хана Хулагу і протягом багатьох років був його довіреною особою й радником. Ученому вдалося домогтися від хана згоди й грошей на будівництво поблизу перського міста Тебріза в містечку Марага астрономічної обсерваторії, що згодом стала найбільшою у світі. На настійну вимогу ат-Тусі хан наказав своїм воїнам не вбивати вчених, які потрапляли в їх руки, а відправляти в Марагу. Туди ж монголи звозили всі рукописи й астрономічні прилади, що потрапляли їм до рук.

У результаті Марагінська обсерваторія була оснащена найкращими астрономічними інструментами свого часу, тут працювало багато відомих учених свого часу, чиє життя фактично врятував ат-Тусі. За 12 років були створені найповніші астрономічні таблиці — «Зидж Ільхані» із зоряним каталогом, а сам глава обсерваторії в трактатах «Вершки пізнання астрономії небесних сфер» і «Пам'ятка з астрономії» запропонував зовсім нову теорію руху небесних тіл, що відрізняється від тієї, котру створив Птолемей.

ОНУК ТАМЕРЛАНА

Мірза Мухаммед Улугбек (1394—1449 рр.) відомий світу як правитель Мавераннахра, онук завойовника Тамерлана і одночасно як видатний астроном. У 1409 р., через три роки після смерті свого діда, Улугбек взяв у свої руки кермо управління державою зі столицею в Самарканді. У 1417—1420 рр. цей освічений нащадок войовничих монгольських кочівників побудував у Самарканді медресе — мусульманський духовний навчальний заклад, свого роду університет. У це медресе Улугбек запросив найкращих астрономів і математиків ісламського світу, та й сам він був далеко не останнім астрономом і знавцем геометрії.

У 1428 р. було завершене будівництво обсерваторії Улугбека, головним інструментом якої став гігантський квадрант з радіусом 40 м, рівного якому не було у тогочасному світі. Такі прилади використовувалися для реєстрації моменту перетину Сонцем площини меридіана, на якому розташований спостерігач. В обсерваторії Улугбека був складений «Гурганський зидж» — каталог зоряного неба, у якому описано 1018 зірок із їхніми небесними координатами. Цікаво, що Улугбек був першим, хто стверджував, що на Землі існує ще один материк — Америка.

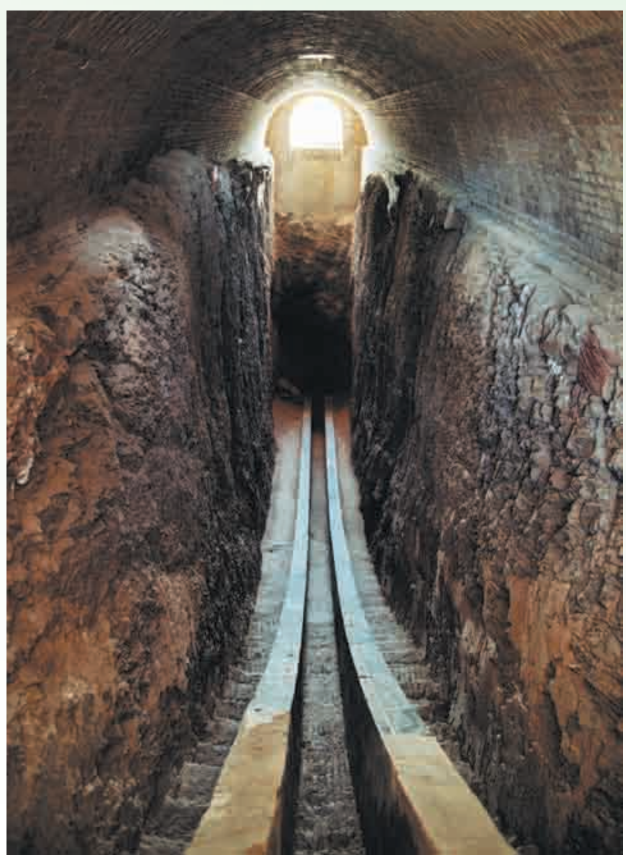
Улугбек був видатним ученим, але не надто досвідченим правителем. Він зазнав кількох поразок у війнах із сусідами, посварився зі старшим сином і зрештою був по-зрадницькому вбитий, а його обсерваторія зруйнована.

Правитель Мавераннахра став останнім із великих ісламських астрономів. Із цього часу наука про Всесвіт почала своє тріумфальне повернення в Європу.

ЦІКАВО

Коли Абу Джафар ат-Тусі повів із ханом Хулагу розмову про будівництво обсерваторії, витрати здалися правителеві Тебріза надмірно великими. Тоді ат-Тусі запропонував Хулагу під час ночівлі його війська в поході спустити з гори мідний таз. Таз, падаючи, вчинив страшний шум і паніку серед війська. Тоді ат-Тусі сказав: «Ми — я й хан — знаємо причину цього шуму, а воїни не знають; ми спокійні, а вони в тривозі; так само, якщо ми будемо знати причини небесних явищ, ми будемо спокійні на землі». Ці слова переконали Хулагу, і він відпустив на будівництво 20 тисяч динарів.

Збережена частина обсерваторії Улугбека — небесний квадрант



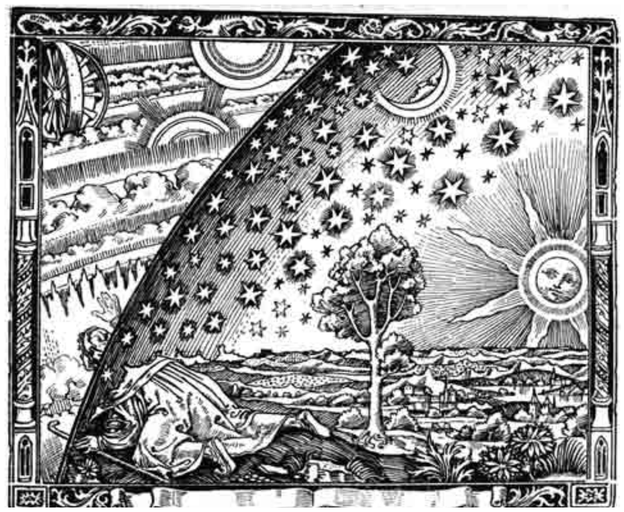
ВІД ОРИГЕНА ДО РЕГІОМОНТАНА

Навала варварів у 4—5 століттях і розпад Римської імперії на кілька століть зупинили розвиток наук, у тому числі й астрономії, у Західній Європі. Подекуди ще зберігали й переписували праці античних астрономів, але все менше залишалося людей, що знали грецьку мову, і усе більше помилок вносили переписувачі в старі каталоги й таблиці. Створення календаря, з яким з успіхом справлялися еллінські вчені задовго до початку Нової ери, стало великою проблемою, і навіть така проста річ, як визначення дат головних релігійних свят, зокрема Великодня, за допомогою місячного календаря була доступна лише деяким освіченим людям. Дійшло до того, що вже ніхто не розумів змісту розроблених Птолемеєм методів обчислення положення світил, а ті одиниці, які все ще намагалися вести астрономічні спостереження й записувати небесні події, користувалися тільки сонячними годинниками й найпримітивнішими приладами.

Однак жагу пізнання й силу людської думки неможливо знищити. Тому на рубежі першого й другого тисячоліть дослідники знову спрямували погляд до зоряного неба. Знову почалися регулярні спостереження й виміри — цьому сприяв технічний прогрес, у результаті якого з'явилися нові, більш точні прилади. У 12 столітті Європа заново відкрила праці Евдокса, Гіппарха, Арістотеля й Птолемея — тепер уже в перекладах з арабської на латину. І незабаром з'ясувалося, що між спостереженнями й теорією існують великі розбіжності. Спалахнули запеклі суперечки, але ніхто до епохи Відродження не посмів поставити під сумнів правоту Птолемея й античних астрономів. Зате в цих суперечках народжувалися незвичайні ідеї й хитромудрі способи узгодження Птолемеєвої моделі світу з тим, що бачили насправді астрономи й астрологи.

АЛЕКСАНДРІЙСЬКИЙ ЄРЕТИК

Уже в третьому столітті один із найвидатніших діячів раннього християнства, теолог, філософ, учений і наставник найстаршої богословської школи в Александрії Ориген (185—254 рр.) висловив дивовижну думку про те, що початкову книгу Біблії варто сприймати не як буквальний опис створення світу, а як символічний, «духовний» текст. Що, в результаті, призвело до того, що церква оголосила Оригена єретиком. Однак учений, можливо, під впливом Філона Александрійського, чиїм учнем він був, пішов далі й заявив, що припускає існування безлічі Всесвітів зі своїми зоряними сферами.



Гравюра з книги К. Фламмаріона «Множинність населених світів»

Кожний Всесвіт має свій строк існування, але процес їхнього виникнення й загибелі нескінченний. От що він писав у своїй головній праці, присвяченій дослідженню Біблії: «Що стосується мене, то скажу: Бог приступив до своєї діяльності не тоді, коли був створений наш видимий світ... до початку Всесвіту існував інший Всесвіт... Отже, варто думати, що не тільки одночасно існує багато світів, але й до початку нашого Всесвіту існувало багато Всесвітів, а по закінченню його будуть інші світи».

ОБСЕРВАТОРІЯ АЛЬФОНСА МУДРОГО

У 13 столітті філософи й теологи Альберт Великий і його учень Фома Аквінський переробили вчення Арістотеля, поєднавши його з догматами церкви, поклавши початок середньовічній схоластиці. Із цього часу система світу Птолемея була визнана незаперечною істиною. Її можна було тільки коментувати й шукати їй підтвердження у Священному Писанні, але ніхто не смів поставити під сумнів правильність висновків Птолемея.

Рукописна сторінка «Альфонсинських таблиць»

Альфонсо Мудрий, король Кастилії й покровитель астрономів

Однак у тому ж столітті в Толедо під заступництвом короля Кастилії Альфонса Мудрого відкрилася перша в Європі обсерваторія. У ній працювали вчені християни, євреї й араби; підготовлені ними астрономічні таблиці були опубліковані в 1252 р. «Альфонсинські таблиці» вирізнялися надзвичайною точністю і використовувалися більше двох століть.

ЦІКАВО

Юліанський календар створений групою Александрійських астрономів на чолі із Созигеном і введений Юлієм Цезарем у 45 р. до н. е. У його основі лежать календарі Стародавнього Єгипту. У юліанському календарі звичайний рік складається з 365 днів і ділиться на 12 місяців. Раз у 4 роки оголошується високосний рік, до якого додається один день — 29 лютого. Таким чином, юліанський рік має тривалість 365,25 дня, що на 11 хвилин відрізняється від справжньої тривалості року.

Григоріанський календар був уведений папою Григорієм XIII 4 жовтня 1582 р. замість юліанського. У григоріанському календарі тривалість року становить 365,2425 доби. Тривалість звичайного року — 365 діб, високосного — 366, при цьому кожний рік, кратний ста, високосним не є. Приводом для введення нового календаря став зсув дня весняного рівнодення, за яким визначалася дата Великодня, а підготували його астрономи Христофор Клавіус і Луїджі Лілліо.

ЗА СТОЛІТТЯ ДО ГАЛІЛЕЯ

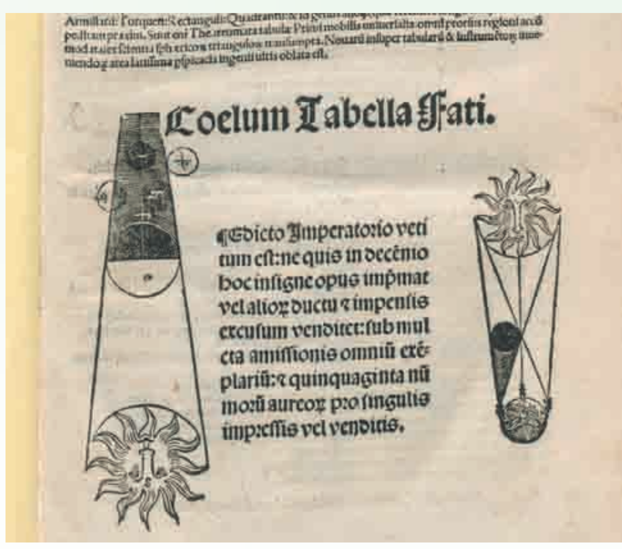
У 15 столітті німецький філософ, теолог і математик, кардинал Микола Кузанський (1401—1464 рр.), набагато випередивши свій час, висловив думку, що Всесвіт нескінченний, і в нього взагалі немає центра — ні Земля, ні Сонце, ні що-небудь інше не займає особливого положення. Всі небесні тіла, вважав він, складаються з тієї ж матерії, що й Земля, і, цілком можливо, населені. За століття до Галілея цей видатний церковний діяч стверджував: усі світила, включаючи Землю, рухаються в просторі, і спостерігач, що перебуває на кожному з них, вправі вважати себе нерухомим. У працях Миколи Кузанського зустрічаються одні з перших у Європі згадок про існування сонячних плям. Також учений відзначив низьку точність юліанського календаря і закликав до його реформування. Правда, ця реформа обговорювалася церквою ледве не півтора століття.

Погляди Миколи Кузанського вплинули на праці Коперника й Галілея, але його сучасники зволіли їх «не помітити».

«ЕФЕМЕРИДИ» ДЛЯ КОЛУМБА

Величезну роль у розвитку спостерігальної астрономії зіграли два австрійські астрономи — Георг Пурбах (1423—1461 рр.) і його учень Йоган Мюллер (1436—1476 рр.), більше відомий як Регіомонтан. Вони обидва були першими в Європі вченими, що не мали духовного сану. Після тривалих спостережень ці астрономи переконалися, що всі існуючі астрономічні таблиці застаріли: передбачене положення багатьох світил не збігалося з істинним, а час настання затемнень вказувався з помилкою на годину і більше. Учені написали новий підручник астрономії та склали більш точні «Ефемериди».

Титульний аркуш підручника астрономії Георга Пурбаха



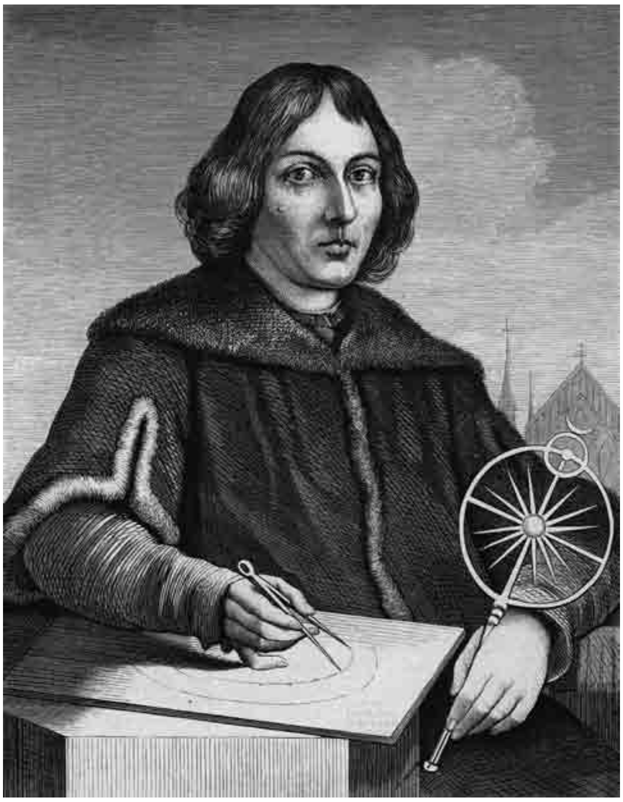
Coelum Tabella Fati.

Edicto Imperatorio vetitum est: ne quis in decennio hoc insigne opus imprimat vel aliorum ductu et impensis excusum venditet: sub mulcta amissionis omnium exemplarium et quinquaginta nummorum aureorum pro singulis impressis vel venditis.

РЕВОЛЮЦІЯ МИКОЛАЯ КОПЕРНИКА

У 16 столітті більшості астрономів стало остаточно ясно, що система Птолемея призводить до таких великих помилок у розрахунках, що сама по собі викликає сумніви. Дехто намагався «удосконалити» її, додаючи «епіцикли», але становище від цього не покращувалося, а уявлення про те, як у дійсності виглядає рух планет, Сонця й Місяця, остаточно заплуталися. Польський астроном Миколай Коперник (1473—1543 рр.) став тією людиною, що вперше за півтора тисячоліття запропонувала принципово іншу — набагато простішу і яснішу систему світу. Це було колосальним проривом в астрономічній науці, і незабаром геліоцентрична модель стала загальновизнаною.

Ім'я людини, яка «перевернула» Всесвіт, описаний Клавдієм Птолемеєм, сьогодні відоме усьому світу. З його моделі Сонячної системи й оптичних спостережень Галілео Галілея почалася сучасна астрономія. Польський учений першим відмовився від помилкового погляду, відповідно до якого Земля є центром світобудови. Він пояснив рух небесних тіл обертанням Землі навколо її осі та обертанням планет навколо Сонця. Такі уявлення здійснили справжню революцію в науці того часу.



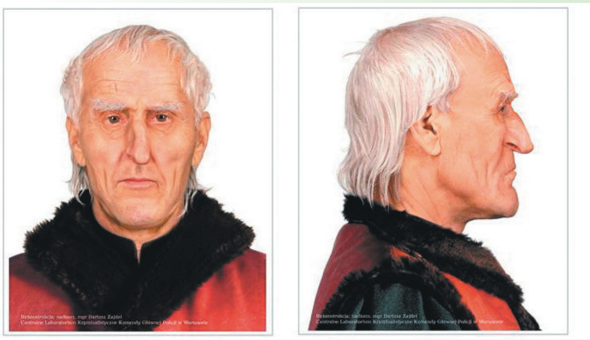
Миколай Коперник. Із гравюри 18 століття

ЛЮДИНА, ЩО «ПЕРЕВЕРНУЛА» ВСЕСВІТ

Миколай Коперник народився в польському місті Торунь у родині купця, що переселився на польські землі з Німеччини. Він рано осиротів — батько його загинув під час епідемії чуми, і турботу про племінника взяв на себе Лукас Ватценроде — канонік, а згодом єпископ, людина освічена і впливова. У 1491 р. Коперник відправився в Краків і став студентом факультету вільних мистецтв Краківського університету — одного з найстаріших у Європі. Тут він вивчав медицину, математику і богослов'я, однак не одержав диплома. Родина вирішила, що юнака чекає духовна кар'єра. Однак це не надто надихало Коперника, і він вирушив у Болонью, щоб у прославленому Болонському університеті зайнятися церковним правом — а насправді тому, що лише там він міг всерйоз зайнятися астрономією, яка цікавила його більше за інші науки. Там він опанував основні навички астрономічних спостережень під керівництвом відомого астронома Доменіко Новари.

Фортеця і собор у Фромборку, каноніком якого довгі роки був великий астроном

Потім Коперник відправився в Падуанський університет в Італії для вивчення медицини, а у Феррарі йому було присуджено ступінь доктора богослов'я. На батьківщину він повернувся лише у 1503 р., одержавши найбільш всебічну освіту, і обійняв посаду каноніка у Фромборку — рибальському містечку в гирлі Вісли. Тут він нарешті зміг повністю поринути в астрономічні спостереження й пошуки підтверджень своєї надзвичайно сміливої гіпотези. Тут він мав провести решту життя й створити свою головну працю, яку йому не довелося побачити надрукованою.



Так виглядав Миколай Коперник в останній рік життя. Вигляд ученого відтворений антропологами за черепом після виявлення могили великого астронома, місце розташування якої залишалося невідомим протягом 200 років

«ПРО ОБЕРТАННЯ НЕБЕСНИХ СФЕР»

Ще замолоду Миколая Коперника вразила складність і заплутаність системи світу, створеної Клавдієм Птолемеєм. Проводячи астрономічні спостереження, учений прийшов до висновку, що не Земля, а Сонце повинно бути центром нерухомого Всесвіту, і тоді вдається з легкістю пояснити гадану заплутаність руху планет по їхніх орбітах. Крім того, він висловив припущення про існування сили всесвітнього тяжіння, передбачивши відкриття Ньютона. Однак до своїх висновків Коперник поставився з обережністю — вони суперечили точці зору, прийнятій церквою. Він почав поширювати в учених колах «конспект» своєї гіпотези, наче прощупуючи, якою буде реакція на його «божевільну» ідею. А тим часом продовжував спостереження, складав астрономічні таблиці й проводив розрахунки, які підтверджували його правоту.

Робота над рукописом «Про обертання небесних тіл» тривала майже 40 років — Коперник вносив у нього доповнення й уточнення доти, доки йому не вдалося переконливо довести, що Земля є однією з планет, що обертаються по своїх орбітах навколо Сонця.

У ці роки Миколай Коперник чимало зробив не тільки як астроном, але і як лікар, інженер та економіст. За його проектом в Польщі була введена нова монетна система, у Фромборку він побудував гідравлічну машину, що постачала водою все місто; Коперник особисто займався боротьбою з епідемією чуми у 1519 р., а під час польсько-тевтонської війни (1520—1522 рр.) організував оборону єпископства від тевтонських лицарів.

Перший екземпляр головної праці вченого був надрукований у Нюрнбергу за кілька тижнів до його смерті. Якийсь час книга «Про обертання небесних сфер» вільно поширювалася серед учених. Але в 17 столітті вчення Коперника було оголошено єрессю, книга заборонена, а послідовники «коперниканства» піддавалися переслідуванням.

Рукопис Коперника із зображенням Сонячної системи

Титульний аркуш трактату «Про обертання небесних сфер»

ЦІКАВО

В одному з листів до друзів Миколай Коперник писав, випереджаючи відкриття Ісаака Ньютона: «Я думаю, що вага є не що інше, як прагнення, яким божественний Зодчий обдарував частки матерії, щоб вони поєднувалися у формі кулі. Цією властивістю, імовірно, володіють Сонце, Місяць і планети; їй ці світила завдячують своєю кулястою формою».

ВИПРАВДАННЯ ГАЛІЛЕЯ

Великий італійський учений, чий науковий авторитет не знав собі рівних, філософ, засновник сучасної астрономії, фізик і механік — Галілео Галілей воістину був зіркою першої величини на науковому небосхилі. Він першим використав телескоп власної конструкції для спостереження за планетами, відкрив гори на Місяці, чотири супутники Юпітера, фази, подібні до місячних, у Венери, плями на Сонці. Галілей був палким прихильником геліоцентричної системи світу Миколая Коперника, а його наукова чесність ледь не привела знаменитого астронома на багаття.

Галілео Галілей. Портрет роботи Ю. Сустерманса

НЕВДАЛИЙ ЛІКАР

Галілео Галілей (1564—1642 рр.) народився в місті Пізі (Італія) у знатній, але збіднілій родині. Його батько, Вінченцо Галілей, був талановитим музикантом і композитором, але мистецтво не приносило засобів для існування, і йому доводилося займатися торгівлею сукном. До одинадцяти років Галілей жив у Пізі й навчався в школі, а потім разом із родиною переїхав у Флоренцію. Тут він продовжив освіту в монастирі бенедиктинців, а в сімнадцять років вступив до Пізанського університету, щоб згодом стати лікарем. Однак через бідність йому довелося перервати навчання й повернутися у Флоренцію. Там Галілей зайнявся вивченням математики й фізики. У 1586 р. він написав свою першу наукову працю, а вже через три роки очолив кафедру в Пізанському університеті, де викладав математику й астрономію. Саме тоді ним були поставлені знамениті досліди, коли Галілей кидав різні предмети з похилої Пізанської вежі, щоб перевірити, чи падають легкі тіла швидше, ніж важкі, як стверджував ще Арістотель. Думку Арістотеля було спростовано, однак це викликало невдоволення університетської професури, і вченому довелося перебратися на кафедру математики в Падую.

У цьому корпусі Пізанського університету викладав математику й астрономію великий Галілей

«ЗОРЯНИЙ ВІСНИК»

Це був найбільш плідний і щасливий період у житті Галілея. Із 1606 року він поглиблено зайнявся астрономією. За допомогою побудованого ним телескопа зі збільшенням у 32 рази Галілей виявив на Місяці гірські ланцюги, кратери й вершини, і це привело його до думки, що Місяць схожий на Землю, що знову ж суперечило Арістотелю, який стверджував, що Земля — абсолютно особливе небесне тіло. Тоді ж Галілей установив, що Сонце обертається навколо своєї осі й зробив висновок, що обертання навколо осі властиве всім небесним тілам, а геліоцентрична система світу, запропонована Коперником, є єдино правильною.

У березні 1610 р. побачила світ його праця під назвою «Зоряний вісник», що принесла вченому європейську славу. Тосканський герцог Козимо II Медичі запропонував Галілею обійняти посаду придворного математика, і вчений прийняв цю пропозицію. Однак через шість років одинадцять видатних богословів розглянули вчення Коперника і прийшли до висновку про його хибність. Воно було

ЦІКАВО

От що писали чиновники канцелярії Папи Римського в 1616 р. про вчення Коперника й Галілея: «Стверджувати, що Сонце перебуває в центрі світу — думка безглузда, помилкова з філософської точки зору і єретична, тому що вона прямо суперечить Святому Писанню. Стверджувати, що Земля не перебуває в центрі світу, що вона не залишається нерухомою і навіть обертається, є думкою настільки ж безглуздою, помилковою і гріховною.»

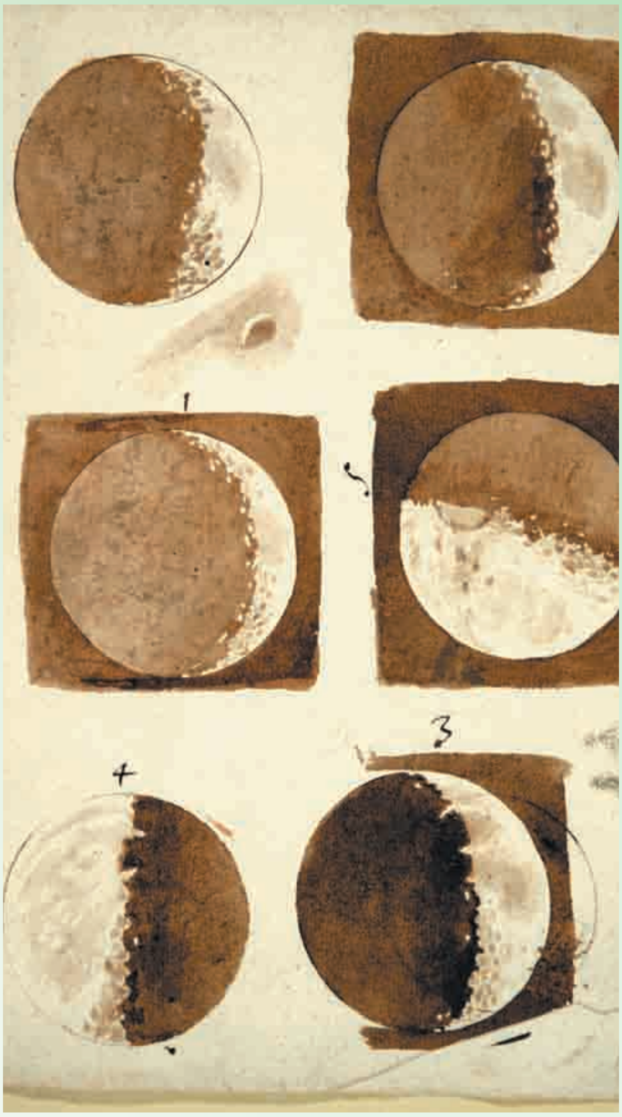
оголошено єретичним, а книга Коперника «Про обертання небесних сфер» заборонена. Галілея викликали із Флоренції в Рим і зажадали припинити поширення єретичних уявлень про будову світу. Учений, незважаючи на заступництво герцога-покровителя, був змушений підкоритися.

СУД І ВИРОК

І все-таки в 1632 р. побачила світ книга Галілея «Діалог про дві найголовніші системи світу — птолемеєву і коперникову». Церква негайно наклала на неї заборону, а самого астронома викликали в Рим для розгляду в суді інквізиції. Слідство тривало кілька місяців. Двадцять другого червня 1633 р. в тій же церкві, де був оголошений смертний вирок Джордано Бруно, Галілей, стоячи на колінах, виголосив запропонований йому текст зречення. Однак цим справа не обмежилася. Решту життя йому довелося працювати в надтяжких умовах, фактично в ув'язненні та під постійним наглядом інквізиції, хоча в'язницею служила його власна вілла в містечку Арчетрі. За два роки Галілей написав одну з найглибших своїх праць — «Бесіди й математичні докази», у якій виклав основи динаміки. Книга вийшла в Голландії, але в Арчетрі потрапила лише через три роки, коли Галілей остаточно осліп і міг лише помацати своє останнє дітище.

Процес над ученим був «показовим». Він дав зрозуміти всім вільнодумцям Європи, що навіть таке світило, як Галілей, змушене схилитися перед церковними догмами й авторитетами. Для католицької церкви це мало особливу важливість, тому що її авторитет був підірваний протестантськими рухами, що значно поширилися в цей час по всій Європі. У результаті почався «відплив умів» з Італії, що незабаром зробило її другорядною європейською державою.

Галілей помер 8 січня 1642 р., а в 1992 р. Папа Римський Іоанн Павло II офіційно визнав, що інквізиція в 1633 р. зробила помилку, силою змусивши відректися вченого від теорії Коперника, і реабілітував Галілея.



Замальовки Місяця з робочого зошита Галілея

Галілей перед судом інквізиції. З картини Жозефа Робера-Флері

ВІДКРИТТЯ ПРИДВОРНОГО АСТРОЛОГА

Йоган Кеплер, першовідкривач законів руху планет

Одного разу мати показала шестирічному Йогану Кеплеру яскраву комету на нічному небосхилі, а трохи пізніше — місячне затемнення. Нікому тоді не могло спасти на думку, що ця звичайна подія вирішить долю видатного німецького математика, астронома, оптика й астролога, першовідкривача законів руху планет Сонячної системи.

МОНАСТИРСЬКИЙ МАТЕМАТИК

Йоган Кеплер (1571—1630 рр.) народився у Вайль-дер-Штадті, передмісті Штутгарта (Німеччина). Його батько був солдатом-найманцем, і одного разу відправився в черговий похід, після якого зник назавжди. Мати Кеплера тримала трактир, вважалася ворожкою й цілителькою. У 1589 р. Кеплер закінчив школу при монастирі Маульбронн, продемонструвавши видатні здібності. Міська влада призначила йому стипендію, і юнак вступив до університету в Тюбінгені — спочатку на факультет вільних мистецтв, а потім на теологічний факультет. Тут він уперше познайомився із працями Миколая Коперника, і відразу став палким прихильником поглядів польського астронома.

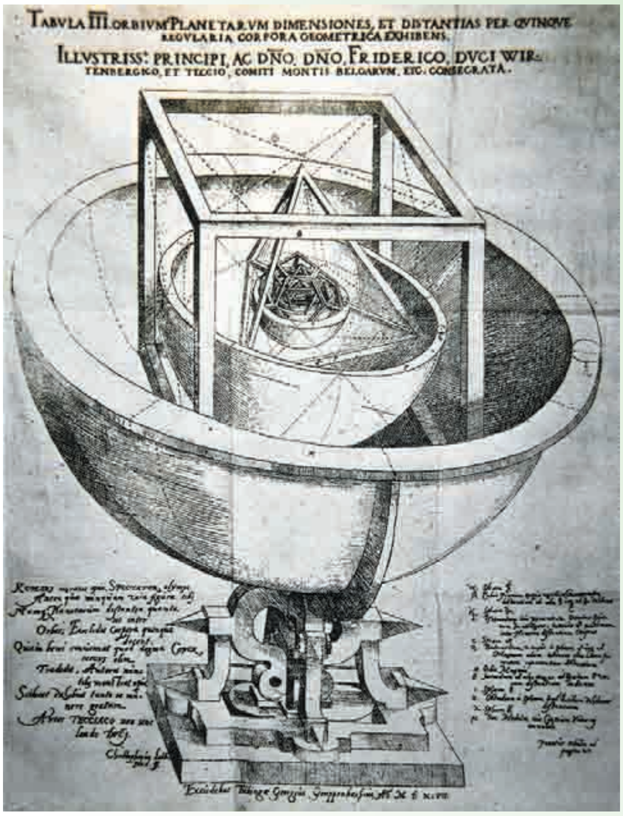
Слід сказати, що Кеплер спочатку розраховував стати протестантським священиком, але завдяки видатним математичним здібностям у 1594 р. його запросили читати лекції з математики в університеті міста Граца в Австрії. Там і була опублікована його перша книга про гармонію Всесвіту «Таємниця світу», яку похвалили видатні астрономи Галілео Галілей і Тихо Браге. Тим часом у Граці почалися гоніння на протестантів, і Кеплеру, як «єретикові», довелося тікати в Прагу. Там він стає придворним астрономом і астрологом імператора Рудольфа II.

ПРИ ДВОРІ ІМПЕРАТОРА РУДОЛЬФА

Десять років у Празі — найбільш плідний період життя вченого. Однак платня придворного астронома була настільки незначною, що йому довелося підробляти складанням гороскопів для знатних персон і викладанням математики. А тим часом у ході своїх астрономічних спостережень Кеплеру вперше в історії вдається виявити спалах наднової зірки, згодом названої його ім'ям. Уважно вивчивши зібрані за багато років його попередником Тихо Браге дані про рух планет, Кеплер дійде висновку, що орбіта Марса являє собою не коло, а еліпс, в одному з фокусів якого перебуває Сонце. Далі йому вдається встановити, що чим далі планета перебуває від Сонця, тим повільніше вона рухається. Коли ж Галілей передав йому один зі своїх телескопів, Кеплер негайно зайнявся вдосконаленням цього приладу і теорією лінз, яку він виклав у трактаті «Діоптрика».

ЦІКАВО

Йоганн Кеплер вважав, що світ побудований на основі загальних законів. Відкривши ці закони, наука одержала б відповіді на найглибші і найскладніші питання. Учений писав: «Я з'ясував, що небесні рухи, як всі разом, так і в окремих випадках, пронизані загальною гармонією — правда, не тією, котру я припускав, але ще більш досконалою.» Уособленням цієї гармонії і став «кубок Кеплера» — символічна модель Сонячної системи, що показує залежність між орбітами планет як відношення між вершинами й гранями основних геометричних тіл. Виходячи зі своїх уявлень про гармонію, Кеплер передбачив існування двох супутників Марса задовго до того, як їх побачили астрономи в об'єктивах телескопів.



«Кубок Кеплера» — символічна модель Сонячної системи

У 1618 р. великий астроном відкрив третій закон руху планет: відношення куба середньої відстані планети від Сонця до квадрата періоду її оберту навколо Сонця є величина стала. Тим часом у Європі розгорається Тридцятирічна війна, і правителям стає не до наук і мистецтв. У 1630 р. Йоган Кеплер вирушив до імператора в Регенсбург, щоб одержати хоча б частину своєї платні, але по дорозі сильно застудився і незабаром помер. Спадкоємцям великого вченого дістався поношений одяг, 22 флорини готівкою, 29 тисяч флоринів невиплаченої платні, 27 опублікованих і безліч неопублікованих рукописів.

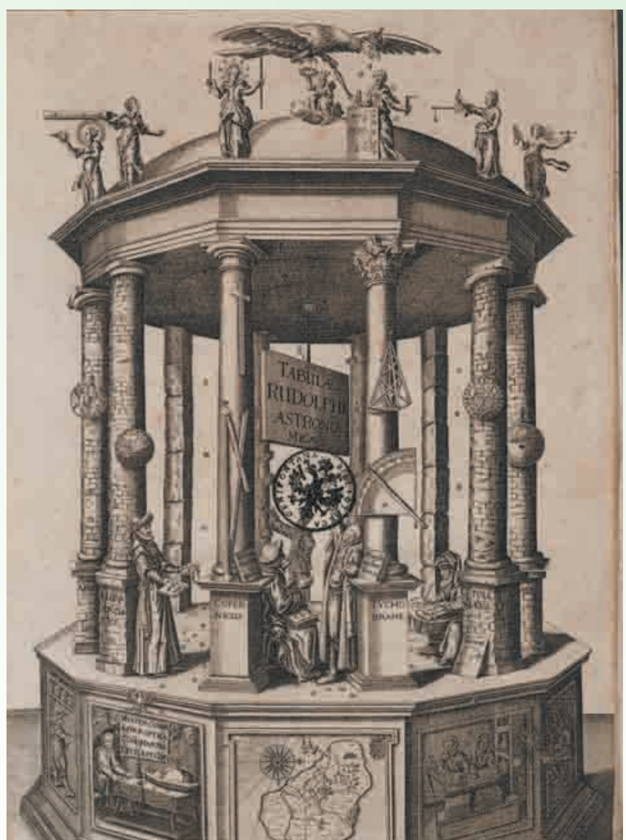
У ПОШУКАХ НЕБЕСНОЇ ГАРМОНІЇ

Альберт Ейнштейн писав про Йогана Кеплера: «Він жив в епоху, коли ще не було впевненості в існуванні загальної закономірності для всіх явищ природи. Якою глибокою була його віра в таку закономірність, якщо, працюючи на самоті, без чиєїсь підтримки і розуміння, він протягом багатьох десятків років черпав у ній сили для важкого й копіткого дослідження руху планет і математичних законів цього руху!»

У наші дні важко уявити, скільки винахідливості, скільки важкої праці й терпіння знадобилося, щоб відкрити ці закони за допомогою недосконалих інструментів і настільки точно їх виразити. Кеплерівські закони руху планет пізніше послужили Ісааку Ньютону для створення теорії всесвітнього тяжіння, а його виклад астрономії за Коперником негайно потрапив у церковний «Індекс заборонених книг». У цю книгу Кеплер включив і всі зроблені ним астрономічні відкриття. Створені вченим астрономічні таблиці, які він назвав «Рудольфовими таблицями» на честь імператора, служили морякам і астрономам до середини 19 століття. Ще одна видатна його заслуга — Йоган Кеплер уперше ввів у фізику поняття «інерція», визначивши її як природжену властивість тіл опиратися прикладеній силі, а також впритул підійшов до відкриття закону тяжіння.

Що стосується астрології, то вчений ставився до неї поблажливо. І хоча сам Кеплер практикував астрологічні передбачення, в одній зі своїх робіт він писав: «Люди помиляються, думаючи, що від небесних світил залежать земні справи». При цьому він зробив кілька по-справжньому вдалих передбачень і здобув славу найвидатнішого астролога свого часу.

Титульний аркуш «Рудольфових таблиць»



У СВІТІ, ЩО ЗМІНЮЄТЬСЯ

За два з лишком століття — від 17 до 19 — світ змінився дужче, ніж за два попередні тисячоліття. Епоха Великих географічних відкриттів розширила горизонти жителів Європи, на континент із колоній потекли величезні багатства, за рахунок впровадження нових культурних рослин відбулася справжня революція в сільському господарстві, а наука стояла на порозі нечуваних відкриттів. Як тільки розбагатілі в ході колоніальних захоплень правителі Європи усвідомили, що кошти, вкладені в наукові дослідження, можуть повернутися із прибутком, вони стали щедріше фінансувати науку, і відкриття посипалися, як із рога достатку.

У 1610 р. була відкрита туманність Оріона, двома роками пізніше — туманність Андромеди. У середині 17 століття була складена докладна карта Місяця, а голландський астроном і механік Хрістіан Гюйгенс виявив супутник Сатурна Титан і кільця Сатурна. Тоді ж французький астроном Кассіні, перший директор Паризької обсерваторії, уперше помітив на диску Юпітера дивне явище — Велику Червону Пляму, а пізніше він же відкрив «щілину Кассіні» у кільці Сатурна. До 1675 р. була визначена швидкість світла, а британський астроном Едмунд Галлей, що працював у щойно заснованій Гринвіцькій обсерваторії, обчислив орбіти 24 комет і помітив, що деякі з них є одними і тими самими небесними тілами. Галлей уперше передбачив появу однієї з нових комет у 1758 р., що й відбулося.

Дослідження руху комет остаточно спростувало уявлення про існування «небесних сфер» і блискуче підтвердило теорію всесвітнього тяжіння, створену Ісааком Ньютоном.

«РОЗУМОМ ВІН ПЕРЕВЕРШУВАВ РІД ЛЮДСЬКИЙ»

Цей напис висічений на статуї сера Ісаака Ньютона (1643—1727 рр.), спорудженій у кембриджському Трініти-коледжі. Великий англійський математик, механік, астроном і фізик, творець класичної механіки, президент Лондонського королівського товариства, народився в селі Вулсторп у графстві Лінкольншир у рік смерті Галілея. Хлопчик з'явився на світ недоношеним і дуже хворобливим, однак прожив 84 роки і зробив у науці стільки відкриттів, що вистачило б на десяток життів. Навіть для того, щоб перелічити всі наукові досягнення Ісаака Ньютона, потрібен не один десяток сторінок. Він створив корпускулярну теорію світла, припустивши, що світло — це потік дрібних часток, відкрив дисперсію світла, інтерференцію й дифракцію. Ним

Ісаак Ньютон

був побудований перший дзеркальний телескоп — прообраз тих гігантських телескопів, які сьогодні встановлені в найбільших обсерваторіях світу. Він відкрив фундаментальний закон всесвітнього тяжіння й головні закони класичної механіки, розробив теорію небесних тіл, а його тритомна праця «Математичні начала натуральної філософії» принесла вченому всесвітню славу.

Роботи вченого часто залишалися незрозумілими сучасникам, він зазнавав запеклої критики колег — математиків і астрономів, однак у 1705 р. королева Великобританії Анна присвоїла синові простого фермера лицарське звання. Уперше в історії звання лицаря було надано за наукові заслуги.

Крім усього іншого Ньютон виявився чудовим економістом — коли його призначили директором британського Монетного двору, він у короткий

Комета Галлея

Годинникова вежа Трініті-коледжу, з якої Ньютон вів свої астрономічні спостереження

термін упорядкував грошовий обіг у країні й налагодив випуск нової монети.

ДОКАЗИ, ЩЕ РАЗ ДОКАЗИ!..

У дитинстві Ньютон, за розповідями сучасників, був замкнутий, любив читати і постійно майстрував технічні іграшки: годинник, млин і т. п. Закінчивши школу, у 1661 р. вступив до Трініті-коледжу Кембриджського університету. Уже тоді склався сильний і мужній характер Ньютона — прагнення у всьому дійти до суті, нетерпимість до обману й пригноблення, байдужість до гучної слави. У коледжі він поринув у вивчення праць своїх попередників — Галілея, Декарта, Кеплера, а також математиків Ферма та Гюйгенса. У 1664 р. у Кембриджі спалахнула епідемія чуми, і Ньютону довелося повернутися в рідне село. Він провів у Вулсторпі два роки, і за цей час були здійснені його основні математичні відкриття. У віці 23 років молодий учений уже вільно володів методами диференціального та інтегрального обрахунків. Тоді ж, як він сам стверджував, Ньютон відкрив закон всесвітнього тяжіння і довів, що біле сонячне світло є сумішшю багатьох кольорів, а також вивів знамениту формулу «бінома Ньютона».

Недарма говорять, що найбільші наукові відкриття здійснюються найчастіше зовсім молодими людьми. Так трапилося і з Ісааком Ньютоном,

ЦІКАВО

Історія про відкриття закону всесвітнього тяжіння — коли міркування Ньютона були перервані падінням стиглого яблука, із чого вчений зробив висновок про взаємне притягання тіл із різними масами, а потім математично описав цю залежність знаменитою формулою, — просто легенда. Однак англійці протягом цілого століття показували приїжджим «ту саму» яблуню, а коли дерево постаріло, його зрубали і зробили з нього лаву, яка зберігається як історична пам'ятка.

однак всі ці епохальні наукові досягнення були опубліковані лише через двадцять, а деякі й через сорок років. Прагнення не тільки відкрити, але й докладно довести істину завжди залишалося для Ньютона головним.

Праці великого вченого відкрили перед сучасниками зовсім нову картину світу. Виявилося, що небесні тіла, які перебувають на величезних відстанях, зв'язані між собою силами тяжіння в єдину систему. У ході своїх досліджень Ньютон визначив масу й густину планет і Сонця й установив, що найближчі до Сонця планети відрізняються найбільшою густиною. Він також довів, що Земля не ідеальна куля: вона «сплюснена» біля полюсів і «розтягнута» біля екватора, а припливи та відливи у Світовому океані пояснюються дією притягання Місяця й Сонця.

На честь Ісаака Ньютона названі кратери на Місяці й Марсі та одиниця сили в міжнародній системі фізичних одиниць СІ — «ньютон».

Дзеркальний телескоп, сконструйований і виготовлений Ньютоном

НЕБЕСНИЙ МЕХАНІК

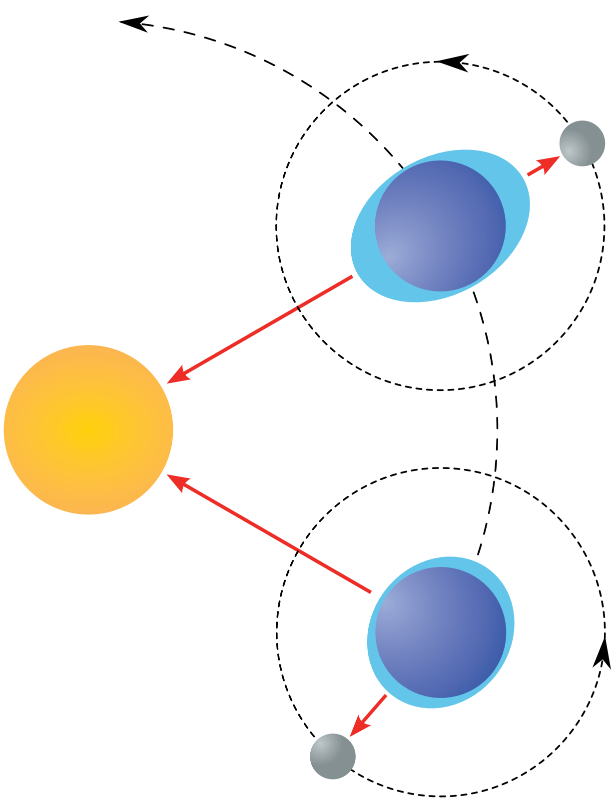
Блискучий математик і видатний астроном, чиє ім'я ввійшло в історію науки про Всесвіт, державний діяч, граф Імперії і пер Франції, творець теорії ймовірностей і гіпотези про походження Сонячної системи, перший атеїст серед великих учених і вільнодумець — таким був П'єр-Сімон Лаплас (1749—1827 рр.). Завдяки його працям астрономія стала однією з найпопулярніших наук у Європі — нею цікавилися навіть придворні дами і простолюдини з паризьких передмість.

САМОРОДОК ІЗ КАЛЬВАДОСУ

П'єр-Сімон Лаплас народився в селянській родині в нормандському департаменті Кальвадос. Навчався в школі у монастирі бенедиктинців, з якого вийшов переконаним атеїстом. Заможні сусіди допомогли здібному юнаку вступити до університету в місті Кан. Перші ж математичні роботи Лапласа зацікавили серйозних учених, і він був запрошений у Париж, де незабаром одержав місце викладача математики у Військовій академії і зайнявся розробкою «головної проблеми небесної механіки»: дослідженням стійкості Сонячної системи.

У 1773 р. Лаплас блискуче довів, що орбіти планет стійкі, і їхня середня відстань від Сонця не міняється під впливом взаємного притягання. За цю роботу 24-річний учений був обраний членом Паризької Академії наук. Він був призначений директором Астрономічного інституту і продовжував викладати в одному з найкращих навчальних закладів Франції — Нормальній школі. У цей період він працював над своєю головною працею — «Трактатом про небесну механіку», написав для широкої публіки книгу «Виклад системи світу», а заодно високо оцінив на вступних іспитах знання одного молодого абітурієнта-корсиканця. Звали абітурієнта Бонапарт, і з тих пір між ученим і майбутнім імператором склалися дуже дружні відносини.

Схема утворення припливів і відливів за Лапласом



П'єр-Сімон, маркіз де Лаплас

«Трактат про небесну механіку» почав виходити окремими томами в 1799 р., і відразу ж став настільною книгою астрономів 19 століття. Друкування цієї величезної й надзвичайно змістовної праці завершилося тільки в 1825 р. У ній вчений підвів підсумки роботи своїх попередників-астрономів і власних багаторічних досліджень.

СВІТ ІЗ ГАЗУ Й ПИЛУ

У своїй «Небесній механіці» Лаплас проаналізував рух усіх великих тіл Сонячної системи й переконливо довів, що її стійке існування не вимагає втручання сторонніх надприродних сил. На сторінках цієї праці була вперше викладена

ЦІКАВО

П'єр-Сімон Лаплас не тільки був першим атеїстом серед учених Нового часу, але й відкрито висловлював свої погляди. Широко відома його розмова з імператором Наполеоном:
— Ви написали таку величезну книгу про систему світу і жодного разу не згадали про його Творця! — з подивом зауважив імператор.
— Сір,— з гідністю відповів учений,— для того щоб зробити свої висновки, мені не знадобилася ця гіпотеза.
Лаплас неодноразово говорив, що якби будь-яка розумна істота могла знати положення й швидкості всіх часток у світі в певний момент, вона могла б абсолютно точно передбачати всі події у Всесвіті. Така уявна істота згодом була названа демоном Лапласа.

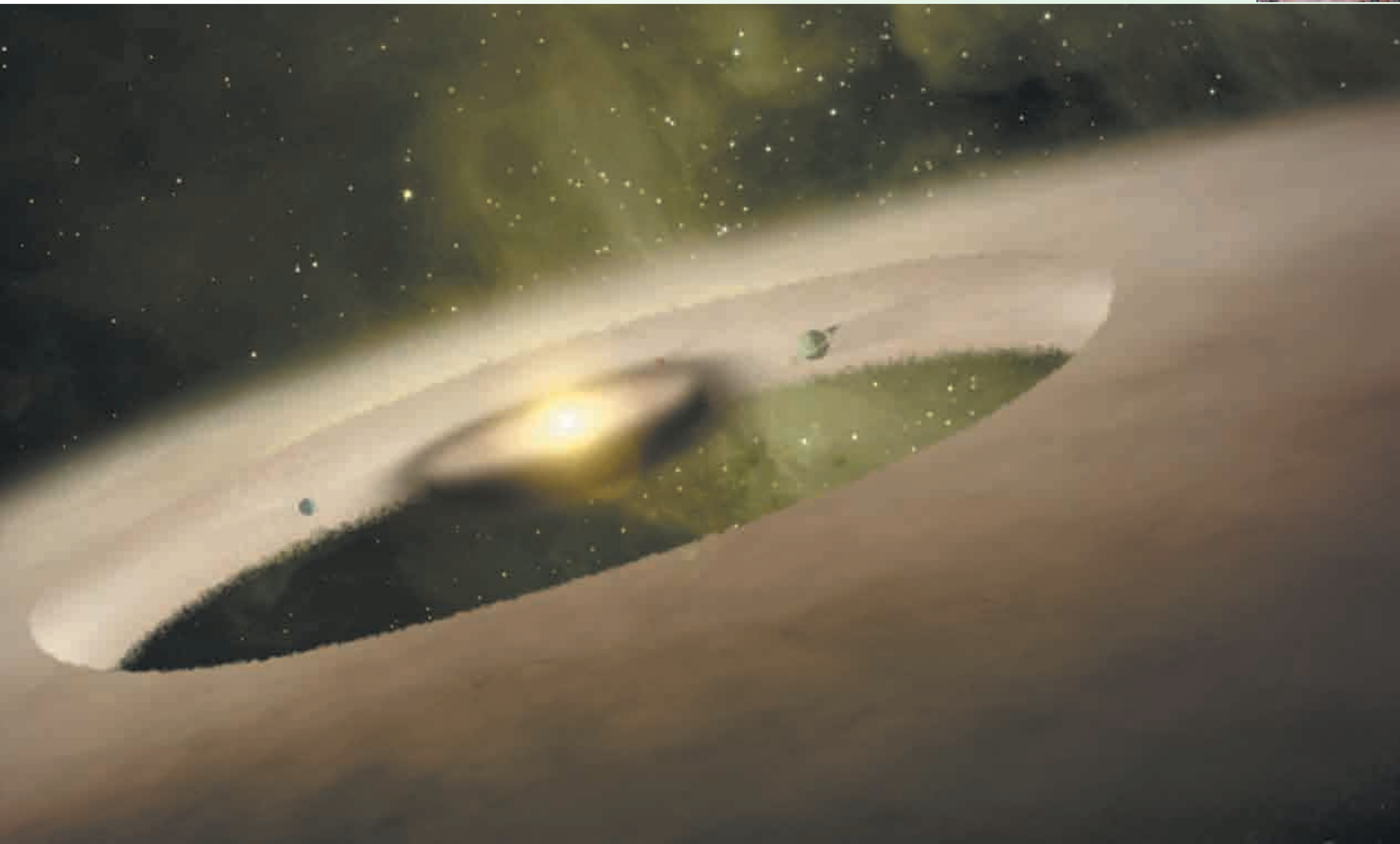
знаменита «небулярна» гіпотеза про походження Сонячної системи з газової туманності, що утворилася з атмосфери Сонця в ті часи, коли Сонце було зовсім молодою зіркою. Остигаючи, стискуючись і обертаючись усе швидше, ця туманність утворила кілька пилогазових кілець, що лежали в одній площині, а потім кожне кільце під дією сил тяжіння стислося в кулю. Приблизно так само утворилися, відповідно до цієї гіпотези, і супутники планет.

Автор «Небесної механіки» переконав сучасників у тому, що Всесвіт існує і рухається не милістю Творця, а відповідно до фундаментальних законів природи, відкритих Ньютоном.

Лаплас першим передбачив, що деякі туманності, відкриті астрономами його часу, насправді є такими ж галактиками, як і наш Чумацький Шлях. Проведені ним дослідження відхилень у русі Місяця дозволили скласти найточніші астрономічні таблиці й безпомилково визначати мореплавцям довготу та, відповідно, положення судна. Спостерігаючи протягом 20 років за рівнем моря на узбережжі Нормандії, Лаплас розробив теорію припливів, що враховує взаємодію притягання Землі, Місяця й Сонця. Шляхом найскладніших обчислень учений довів, що кільця Сатурна можуть існувати тільки за умови, що ця планета дуже швидко обертається навколо своєї осі, і це «відкриття на папері» було пізніше підтверджене спостереженнями ще одного видатного астронома — Вільяма Гершеля.

На початку 19 століття колишній студент Лапласа імператор Наполеон обсипав його всілякими орденами й почесними посадами. Якийсь час учений навіть пробув на посту міністра внутрішніх справ Франції, але через шість тижнів подав у відставку, переконавшись, що його схильність вникати в усі дрібниці тільки шкодить підтримці порядку в країні.

Утворення Сонячної системи за гіпотезою Лапласа



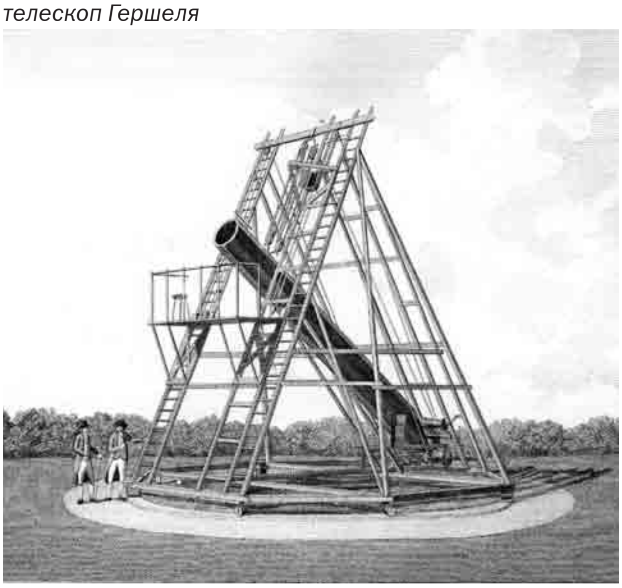
ВІДКРИТТЯ ВІЛЬЯМА ГЕРШЕЛЯ

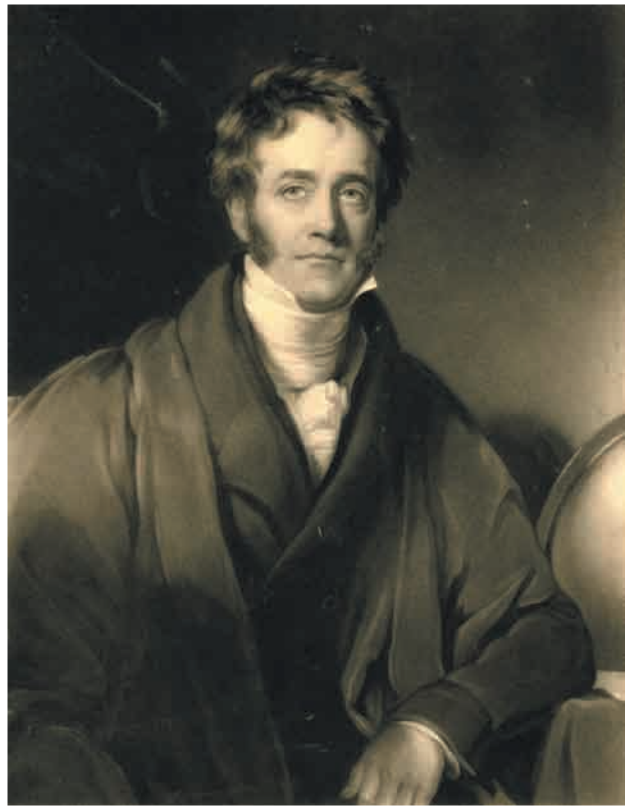
Вільям Гершель (1738—1822 рр.) — англійський астроном родом із маленького німецького князівства Ганновер. Сучасники-вчені прозвали його «королем зоряної астрономії», і дійсно — найблискучіші роботи Гершеля присвячені розгадці природи подвійних зірок і поступального руху Сонячної системи. Спостерігаючи за зоряним небом, учений виявив, що нерухомі зірки повільно, але постійно зміщуються. Із цього Гершель зробив висновок, що справа не в зірках, а в тому, що Сонце і його планети рухаються в певному напрямку з досить великою швидкістю — близько 25 кілометрів за секунду. Астрономові навіть вдалося обчислити координати точки, до якої прямує Сонце зі своїми супутниками — він назвав її апексом. Що стосується подвійних зірок, то, спостерігаючи за ними, Гершель зробив висновок, що не спадав на думку нікому з його колег — до нього вважалося, що вони лише випадково розташовані на небі попарно. Англійський астроном першим виступив із припущенням про існування зоряних систем і зумів підтвердити це у своїх розрахунках.

Гершель також багато спостерігав за туманностями й кометами, складаючи їхні ретельні описи й каталоги, і цьому багато в чому допомагало те, що він своїми руками створював унікальні астрономічні інструменти, які перевершували всі існуючі на той час.

Ще одна видатна наукова заслуга Вільяма Гершеля — відкриття інфрачервоного випромінювання. Для цього він поставив простий і витончений експеримент: розділивши за допомогою призми сонячне світло на складові кольори, учений помістив термометр відразу за червоною смугою видимого спектра. Температура відразу ж почала підніматися, що й підтвердило існування світлового випромінювання, недоступного людському оку. У наші дні астрономічні спостереження в інфрачервоній частині спектра одержали значне поширення.

Унікальний для свого часу дванадцятиметровий телескоп Гершеля



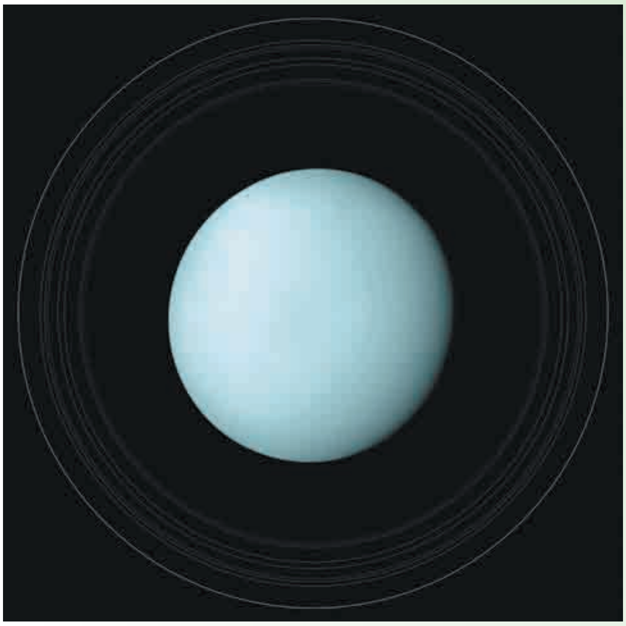


Вільям Гершель. Портрет роботи Лемюеля Аботта

ІСТОРІЯ БІДНЯКА-ГОБОЇСТА

Вільям Гершель був одним із десяти дітей бідного музиканта-єврея Гершеля, що прийняв християнство. Ще замолоду Вільям поступив гобоїстом у військовий оркестр і в 1755 р. був відряджений з Ганновера до Англії. У 1757 р. Гершель покинув службу заради поглиблених занять музикою. Працював органістом і викладачем музики в Галіфаксі, був розпорядником публічних концертів у курортному містечку Бат. Інтерес до музичної теорії привів Вільяма Гершеля до математики, математика — до оптики, а оптика — до астрономії. У 1773 р., не маючи коштів для покупки телескопа, він почав сам шліфувати дзеркала і конструювати телескопи як для власних спостережень, так і на продаж.

Завдяки різним технічним удосконаленням і збільшенню діаметра дзеркал Гершель у 1789 р. зумів виготовити найбільший телескоп свого часу. Цей прилад мав фокусну відстань 12 м, а діаметр



Уран — перша планета Сонячної системи, яку було відкрито з часів глибокої давнини. До Гершеля Уран вважався однією з дрібних зірок

його дзеркала становив 126 см. У перший же місяць роботи з телескопом-гігантом Гершелю вдалося відкрити супутники Сатурна Мімас і Енцелад, потім супутники Урана Титанію і Оберон. В описах цих спостережень учений уперше в історії астрономії вжив термін «астероїд», тобто «подібний до зірки». Справа в тому, що в його телескопі великі планети виглядали як диски, а їхні супутники — як світні точки на зразок зірок.

У ПРОМЕНЯХ «ЗІРКИ ГЕОРГА»

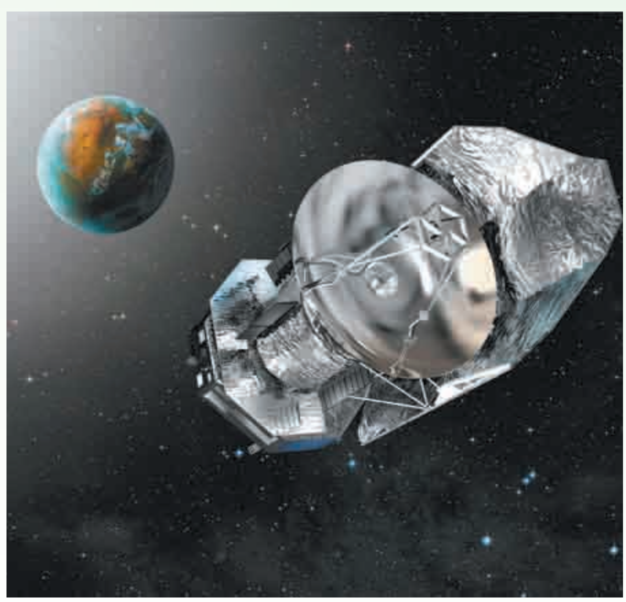
Але найголовніше своє відкриття Гершель зробив задовго до будівлі великого телескопа — у той час він був ще астрономом-початківцем. 13 березня 1781 р., спостерігаючи за зірками із саду свого будинку, Гершель помітив слабку зірочку в сузір'ї Тільця, що виявилася новою планетою Сонячної системи, яка згодом одержала ім'я Уран. Астроном повідомив про своє відкриття Королівському астрономічному товариству, і незабаром спостереження найіменитіших астрономів того часу підтвердили факт відкриття, якого не траплялося із часів глибокої давнини.

Коли ж глава Астрономічного товариства звернувся до Гершеля із проханням дати ім'я новій планеті, Гершель вирішив присвятити своє відкриття королю Англії Георгу III і назвав планету «Зірка Георга». Однак ця назва не прижилася, і зрештою, уже після смерті видатного астронома, планету Сонячної системи, що слідує за Юпітером, стали називати Уран — за іменем давньоримського божества зоряного неба.

Сузір'я Плеяди в інфрачервоних променях. Знімок зроблений орбітальною лабораторією «Спітцер»

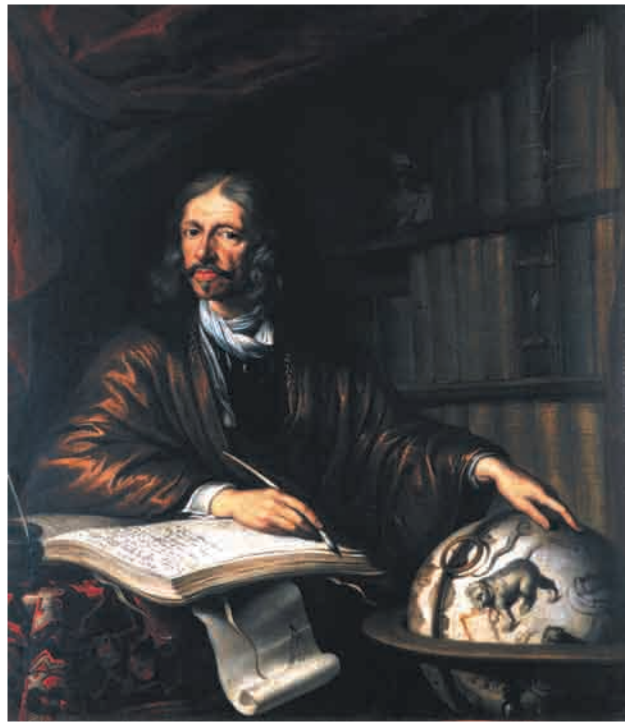
Король Георг III, який сам був любителем астрономії і сприяв вихідцям із Ганновера, звів Вільяма Гершеля в чин Королівського Астронома і виділив йому кошти для будівлі власної обсерваторії у Віндзорі з єдиною умовою: король і королівська родина повинні мати можливість у будь-який час заглянути в окуляри його телескопів.

Космічний телескоп «Гершель», призначений для дослідження інфрачервоного випромінювання в космосі. На цьому новітньому апараті, запущеному в травні 2009 р., встановлене найбільше серед космічних телескопів дзеркало діаметром 3,5 м



ЛЮБОВ ДО РАНКОВОЇ ЗОРІ

Джеремі Хоррокс (1618—1641 рр.), надзвичайно обдарований британський астроном, математик і механік, усі свої головні відкриття здійснив, коли йому не виповнилося й двадцяти одного року. Він і помер юним — не доживши до двадцяти трьох років. Однак устиг стільки, що іншому вченому вистачило б на довге життя. Хоррокс першим довів, що Місяць рухається навколо Землі не по круговій, а по еліптичній орбіті, написав трактат із планетної астрономії й приступив до вивчення сили тяжіння за допомогою математики. Ісаак Ньютон називав цю роботу Хоррокса мостом, що з'єднав його власні дослідження із працями М. Коперника, Г. Галілея, Тихо Браге і Й. Кеплера.



Ян Гевелій (1611—1687 рр.). Завдяки цьому польському астроному вчений світ довідався про досягнення Джеремі Хоррокса

ВИПРАВИТИ КЕПЛЕРА

Джеремі Хоррокс народився в містечку Токстет-Парк біля Ліверпуля. Його батько був простим фермером, а дядько — місцевим годинникарем. Родина була досить бідною, однак видатні здібності Джеремі, який був справжньою «диво-дитиною», дозволили йому в 14 років вступити до Кембриджського університету. Закінчити навчання йому не вдалося. У 1635 р. юнак покинув Кембридж — імовірно, через нестачу коштів на навчання. Щоб забезпечити себе, Хорроксу довелося надовго стати вчителем у родині заможних землевласників і торговців Стоунів.

Уже до 17 років він прочитав більшість астрономічних трактатів свого часу, виявив у них слабкі

Джеремі Хоррокс спостерігає за проходженням Венери

місця й визначив нові напрямки досліджень. А заодно «піймав» Кеплера на помилці: той, передбачаючи важливе й рідкісне астрономічне явище — проходження Венери по диску Сонця, «пропустив» одне із проходжень, що повинне було відбутися у 1639 р. Сучасники стверджують, що Хоррокс виправив Кеплера, ґрунтуючись на власних багаторічних спостереженнях за Венерою, а це означає, що серйозно займатися астрономією Джеремі почав ще хлопчиськом.

ПОБАЧЕННЯ З ВЕНЕРОЮ

Чекаючи «відкритої» ним астрономічної події, Хоррокс не гаяв часу марно і ретельно підготувався до спостережень. Він першим здогадався, яким чином можна побачити момент проходження крихітної в порівнянні з гігантським Сонцем планети по диску сліпуче сяючого світила. Адже якщо навести телескоп прямо на Сонце, можна за лічені хвилини втратити зір. Джеремі вчинив інакше — він установив простий телескоп біля вікна, затінивши кімнату шторами, і спроектував зображення сонячного диска на плоску поверхню — екран. Розрахунки молодого астронома показали, що проходження Венери почнеться 24 листопада 1639 р. приблизно о третій годині пополудні. Погода була хмарною, але через чверть години хмари розступилися, і Джеремі Хоррокс першим із людей побачив зображення Венери, що перетинає диск Сонця. Так тривало біля півгодини, доки сонце не схилилося до заходу.

Спостереження дозволили Хорроксу оцінити істинні розміри Венери, яка раніше вважалася більшою й ближчою до Землі, а також обчислити відстань від Землі до Сонця, використовуючи властивості подібних трикутників, загальною вершиною для яких служила Венера. Зважаючи на простоту й неточність обладнання, яким користувався молодий астроном, результат вийшов відмінний: Хоррокс оцінив відстань до центрального світила Сонячної системи в 95 млн км. Насправді вона дорівнює 149,6 млн км, але отримана астрономом цифра була найточнішою для того часу.

ЦІКАВО

Проходження Венери по диску Сонця — одне з найрідкісніших астрономічних явищ, які можна точно передбачити. Воно трапляється тоді, коли планета Венера розташовується точно між Сонцем і Землею й закриває собою малесеньку частину сонячного диска. При цьому планета виглядає із Землі як маленька чорна цятка, що переміщується по диску Сонця. Проходження подібні до сонячних затемнень, але якщо Місяць повністю закриває Сонце, Венера під час проходження виглядає приблизно в 30 разів меншою від Сонця, тому що перебуває значно далі від Землі. Кожні 243 роки трапляється 4 проходження: два взимку (з інтервалом у 8 років), потім слідує проміжок у 121,5 року, і два влітку (знову з перервою у 8 років). Останнє проходження можна було спостерігати в 2004 р.

ПОЕТ НАУКИ АСТРОНОМІЇ

Із січня 1641 р. Джеремі Хоррокс раптово помер. Причина його смерті дотепер не відома, а чудовий трактат молодого астронома, що одержав назву «Хід Венери по диску Сонця», залишався неопублікованим ще цілих двадцять років. Лише в 1662 р. творець всесвітньо відомого зоряного атласу «Уранографія» польський астроном Ян Гевелій за свій рахунок видав трактат передчасно померлого англійця.

Ця праця викликала захват у поважних вчених мужів Лондонського королівського товариства. І не тільки завдяки опису блискуче проведених спостережень і строгій математичній логіці обчислень. Трактат Хоррокса був зовсім не схожий на сухі та строгі наукові праці того часу. Повний романтичного ентузіазму й захвату перед величчю природи, він містив чимало жартівливих зауважень і навіть віршів, присвячених Венері та її поневірянням у космічному просторі.

Проходження Венери по диску Сонця в 2004 р. Темна плямочка праворуч на краю сонячного диска — Венера

ВІДКРИТТЯ «З ТРЬОХ СТОРІН»

23 вересня 1846 р. відбулося найбільше в 19 столітті астрономічне відкриття — була виявлена восьма, найбільш далека планета Сонячної системи — Нептун. Причому трапилося це не в результаті регулярних спостережень за зоряним небом, як бувало колись, а завдяки точним математичним розрахункам. Зацікавившись непоясненими відхиленнями в русі Урана, двоє астрономів — француз і британець, висунули гіпотезу про те, що ці відхилення викликані впливом гравітації невідомої ще планети і передбачили, яким повинне бути її положення на небосхилі. Незабаром гіпотеза блискуче підтвердилася — у зазначеній області була виявлена планета з масою в 17 разів більшою від земної, що одержала ім'я Нептун. Незабаром був виявлений і її супутник Тритон, однак ще 12 супутників були помічені лише через сто років.

Старий будинок Паризької обсерваторії, директором якої протягом декількох десятиліть був Левер'є

АДАМС, ЯКИЙ ЗАПІЗНИВСЯ

Англійський математик і астроном Джон Кауч Адамс (1819—1892 рр.) до моменту відкриття Нептуна був ще зовсім молодим ученим, який щойно склав іспит на магістерський ступінь. У цей же час він зайнявся дослідженням відхилень у русі планети Уран і до 1846 р. зрозумів, що причина цих явищ — існування ще однієї планети, більш віддаленої від Сонця. Про свої розрахунки Адамс повідомив королівському астрономові Айрі, але той не надав особливого значення висновкам молодого вченого. Лише в 1847 р. робота Адамса, присвячена дивній поведінці Урана, була опублікована. У ній приводилися всі необхідні розрахунки, але Адамс... спізнився. До цього часу Нептун був уже виявлений, було визначене його точне положення й основні елементи орбіти. І зробили це французький математик і фахівець із небесної механіки Урбен Левер'є та німецький астроном Йоган Галле.

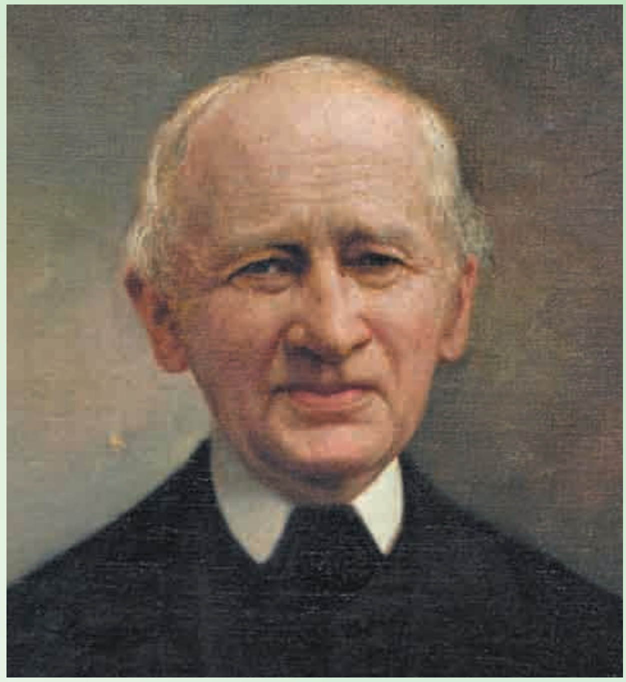
Джон Кауч Адамс

«ВАРІАЦІЇ СЕМИ ПЛАНЕТ»

Урбен Жан Жозеф Левер'є (1811—1877 рр.) — надзвичайно обдарований математик, який більшу частину життя пропрацював у знаменитій Паризькій обсерваторії, а з 1853 р. став її директором. У роки

Урбен Жан Жозеф Левер'є

навчання в Політехнічній школі Левер'є мав намір присвятити себе хімії, але незабаром захопився астрономією, викладав цю науку у своїй «альма матер» — Політехнічній школі, і опублікував працю, що створила йому незаперечний авторитет серед колег-астрономів — «Про варіації орбіт семи планет», у якій описав зміни планетарних орбіт за 200 тис. років. Але головним досягненням ученого, що увійшло в історію науки, було математичне передбачення існування планети Нептун, зроблене на основі аналізу астрономічних спостережень. Отримані ним дані Левер'є передав у Берлінську обсерваторію Йогану Галле, який був відомий як один із найсумлінніших астрономів-спостерігачів. Лист у Берлін, що містив результати розрахунків Левер'є, було відправлено в Берлін у середині вересня 1846 р.



Йоган Готфрид Галле

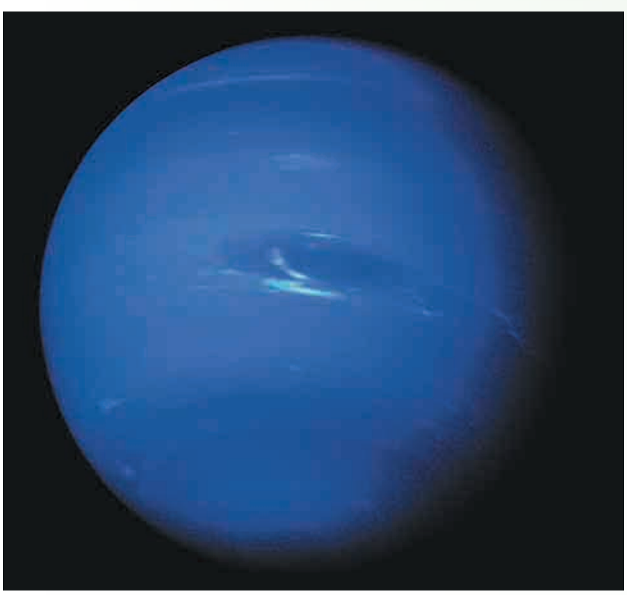
ЗНАВЕЦЬ КОМЕТ

Йоган Готфрид Галле (1812—1910 рр.) ще у віці 23 років почав працювати в Берлінській обсерваторії, що стала для нього другим домом. Протягом усього свого довгого життя він вивчав рух комет і наприкінці 19 століття завдяки його зусиллям вченим-сучасникам стали відомі орбіти 178 цих небесних тіл. Йому також належить честь відкриття трьох нових комет і внутрішнього кільця Сатурна.

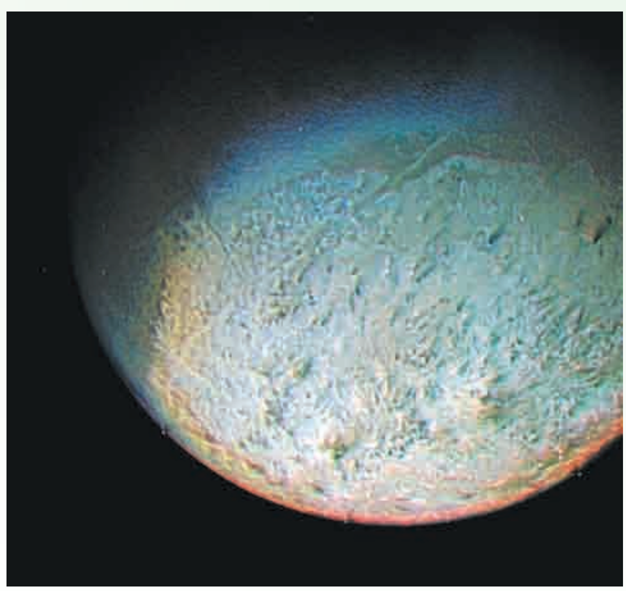
Лист Урбена Левер'є потрапив до Галле 23 вересня 1846 року — у ньому, крім результатів обчислень, містилося прохання провести пошук нової планети за межами орбіти Урана й додавалися її можливі координати. Ледь стемніло, коли Галле відправився до свого телескопа — одного з найпотужніших у Європі в той час — і Нептун виявився на передбаченому Левер'є місці!

Так відбулося перше в історії астрономії відкриття «на кінчику пера». Точність обчислень була разючою — Левер'є визначив положення ще не відкритої планети з точністю до одного градуса, а Адамс помилився всього на 12 градусів. Слідом за відкриттям розгорілася палка суперечка між англійцями й французами за право вважати щойно відкриту планету «своєю». В остаточному підсумку згоди було досягнуто — астрономи обох країн вирішили відтепер вважати Джона Адамса й Урбена Левер'є «співвідкривачами» Нептуна.

Планета Нептун. Фото з космічного апарата «Вояджер-2»



Супутник Нептуна — Тритон. Фото з космічного апарата «Вояджер-2»



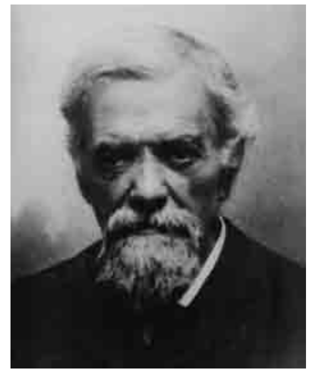
ДО ТАЄМНИЦЬ «ЧЕРВОНОЇ ПЛАНЕТИ»

Окремо у вивченні четвертої планети Сонячної системи виділяється 1877 рік — саме тоді було зроблено два видатних відкриття, які змусили астрономів усього світу по-іншому поглянути на походження Марса й заговорити про можливості існування життя на ньому. З тих пір «Червона планета» залишається улюбленим об'єктом письменників-фантастів, притягує погляди вчених, за нею ведуться постійні спостереження. Складено найдокладніші карти поверхні Марса, околиці планети відвідало кілька космічних апаратів, а п'ять із них здійснили посадку на її поверхню. Однак доказів існування органічного життя на Марсі так і не було виявлено.

ГОЛОВНИЙ СПОСТЕРІГАЧ

Американський астроном Асаф Холл (1829—1907 рр.) не мав систематичної освіти. Усе, що йому треба було, щоб стати одним із найвідоміших учених свого часу, він одержав в обсерваторіях Мічиганського й Гарвардського університетів, а потім у Морській обсерваторії у Вашингтоні. Основи небесної механіки майбутній учений опанував самостійно, а в 33 роки став професором математики при Морській обсерваторії та основним спостерігачем на двох найбільших у той час телескопах США. «Основний спостерігач» — почесна посада, що свідчить про найвищу кваліфікацію астронома і довіру колег до його спостережень.

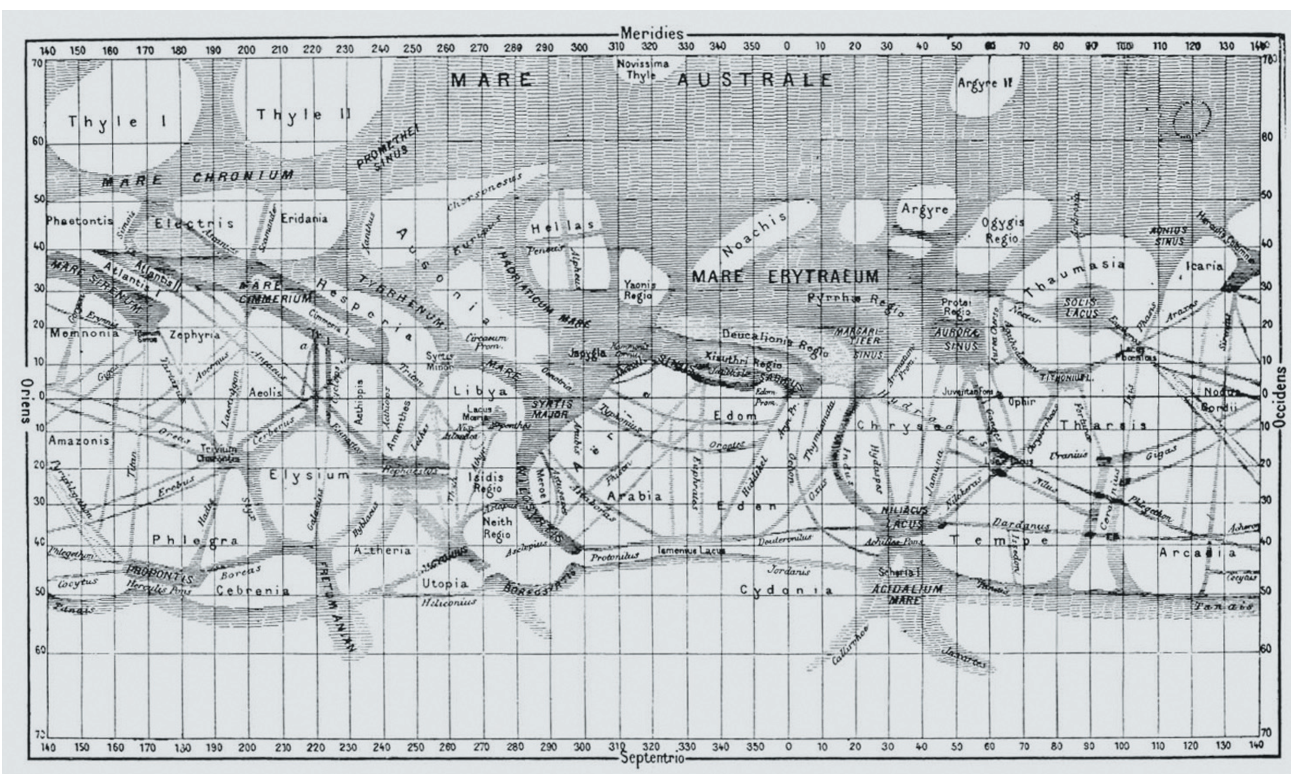
Асаф Холл



Джованні Скіапареллі

Із 1875 р. у розпорядженні Холла опинився унікальний на ті часи інструмент — найбільший телескоп-рефрактор із дзеркалом діаметром більше метра. Першою роботою вченого на цьому телескопі стало визначення періоду обертання планети Сатурн навколо своєї осі. Потім, у серпні 1877 р., у зв'язку з тим, що відбувалося протистояння Землі й Марса і обидві планети були на мінімальній відстані — 55,7 млн км, Холл зайнявся дослідженням нашого червоного сусіда. І відразу почалися великі відкриття. Одинадцятого серпня

Карта марсіанських «каналів», накреслена рукою самого Скіапареллі



ЦІКАВО

Цікаво, що наявність двох супутників у Марса за 150 років до їхнього відкриття цілком випадково «передбачив» англійський письменник Дж. Свіфт у своїх «Подорожах Гуллівера». Бажаючи показати нікчемність занять астрономів вигаданого літаючого острова Лапута, Свіфт приписав їм астрономічне відкриття, що через півтора століття удостоїлося Золотої медалі британського Королівського товариства.

астроном уперше побачив один із супутників Марса, згодом названий Деймосом, а 17 серпня виявив другий супутник — Фобос. До цього існувало припущення про те, що в міру віддаляння від Сонця число супутників у планет повинне зростати, але ще нікому не вдавалося їх побачити і тим більше розрахувати їхні орбіти.

За ці відкриття в 1879 р. Асаф Холл був визнаний гідним медалі Лондонського королівського астрономічного товариства і медалі імені Ж. Лаланда.

ЯК ПОТРАПИТИ НА КАРТУ

У період великого протистояння Землі й Марса 1877 р. погляди багатьох дослідників Всесвіту були прикуті до «Червоної планети». Був серед них і Джованні Вірджиніо Скіапареллі (1835—1910 рр.) — професор астрономії Міланського університету, що кілька років пропрацював спостерігачем у Пулківській обсерваторії під Санкт-Петербургом. Після повернення на батьківщину Скіапареллі став директором обсерваторії Брера під Міланом, і залишався на цій посаді до останнього дня життя. У цей період найбільшим досягненням ученого було створення теорії виникнення метеорних потоків у результаті руйнування ядер комет під дією тяжіння Сонця.

Але особливою популярністю користуються дослідження Марса, які Скіапареллі почав у 1877 р. і продовжував протягом цілого десятиліття. Ним були відкриті незвичайні утворення на поверхні Марса, названі «каналами» й «морями» — і з цього почався новий етап у вивченні нашого сусіда. Сам же Скіапареллі встановив, що «моря» Марса ніяк не можуть бути водоймами, а є ділянками суші з особливими властивостями. Після відкриття на Марсі «каналів» з'явилися припущення про їхнє штучне походження й гіпотези про те, що Марс населений розумними істотами. Однак Скіапареллі не любив поспішати і вважав твердження ентузіастів від науки недостатньо обґрунтованими. І виявився правий — згодом з'ясувалося, що марсіанські канали — усього лише оптична ілюзія, що виникає при спостереженні за планетою в телескоп із Землі. Насправді на Марсі не існує ніяких деталей рельєфу, подібних до «каналів».

Це не робить заслуги Джованні Скіапареллі менш значними. Його дослідження планет Сонячної системи, зокрема Меркурія, Венери й Марса, виявилися настільки точними, що виправлення в них були внесені тільки в 60-х роках 20 століття, з початком ери космічних апаратів.

Обидва супутники «зірки бога війни» Марса — Фобос і Деймос (у перекладі — «Страх» і «Жах»), обертаються навколо своїх осей з тим же періодом, що й навколо Марса, тому вони завжди повернуті до планети одним і тим же боком.

Супутники Марса Фобос і Деймос

«СВІТЛОПОКЛОННИК»

Усі астрономічні спостереження, починаючи з глибокої давнини, вдавалося здійснити тільки завдяки тому, що небесні тіла або самі випромінюють, або відбивають світло. Лише в 20 столітті з появою радіоастрономії та інших сучасних методів дослідження становище змінилося. Людське око — відмінний інструмент для спостереження: він має високу світлочутливість, уміє пристосовуватися до низької освітленості, проте цього мало — багато слабких джерел світла у Всесвіті можна розрізнити лише в телескоп. І дарма вважають, що головна властивість телескопів — «збільшувати» зображення небесних тел. Насправді їхнє завдання — «зібрати» якнайбільше світла від віддаленого джерела.

Однак до 19 століття властивості світла багато в чому залишалися загадкою. Не були відомі ні його природа, ні точна швидкість поширення, ні причини спотворень, що виникають у лінзах і дзеркалах телескопів. Відгадати багато загадок світла зуміла людина, чия доля схожа на пригодницький роман — французький фізик і астроном Домінік Франсуа Араго (1786—1853 рр.).

Домінік Франсуа Араго

СЕКРЕТАР «БЮРО ДОВГОТ»

Один із найблискучіших учених 19 століття Домінік Франсуа Жан Араго народився на півдні Франції в містечку Естажель біля Перпіньяна. У віці 18 років Араго вступив до найкращого навчального закладу Франції — Нормальної школи. Там він виявив настільки блискучі здібності до математики, фізики й астрономії, що у віці 18 років одержав місце секретаря в «Бюро довгот» — науковій організації, що займалася астрономічними й геодезичними вимірами. Саме в цей час ряд співробітників «Бюро Довгот» був зайнятий вимірюванням Паризького меридіана. Ці роботи проходили не тільки у Франції, але й на території Іспанії — від Барселони до острова Форментера в Середземному морі, і Араго разом із відомим астрономом і геодезистом Жан-Батістом Біо відправився в Іспанію, а потім на острів Мальорка. У цей час в Іспанії спалахнув заколот проти панування імператора Наполеона І. Араго був схоплений і на кілька місяців кинутий у каземати Бельверської цитаделі на Мальорці. Як тільки йому вдалося вийти на волю, юний учений спробував переправитися в Алжир, щоб звідти відправитися до Марселя на французькому кораблі — такий шлях здавався найбезпечнішим у той час. Однак корабель, на який сів Араго, був захоплений іспанським крейсером, і Араго знову опинився в ув'язненні у форту Розас. За юнака просили впливові персони, але коли він отримав волю і знову спробував морем досягти Марселя, судно потрапило в бурю й було викинуте на берег острова Сардинія. Звідти йому все-таки вдалося дістатися до Алжиру, де місцевий правитель обернув Араго в рабство і протягом декількох років використовував його як перекладача на суднах алжирських піратів. Лише в 1809 р. завдяки втручанню французького консула молодий учений одержав волю й зумів повернутися на батьківщину. Правда, ледве врятувавшись на шляху до Марселя від переслідування англійського військового фрегата.

ПРОФЕСОР І АКАДЕМІК У ДВАДЦЯТЬ ТРИ

Під час поневірянь і полону Араго вдалося зберегти результати своїх вимірів і спостережень. У Франції він опублікував їх у праці «Огляд геодезичних, астрономічних і фізичних спостережень» і в 23 роки став членом Паризької академії й професором Політехнічної школи. У наступні два десятиліття він зробив ряд найбільших відкриттів у фізиці світла, які дали потужний поштовх розвитку астрономії. Його жива спостережливість, гострий і проникливий розум дозволили вченому побачити в найзвичайніших явищах прояв ще не відомих науці закономірностей. Домінік Араго відкрив поляризацію розсіяного світла неба, знайшов пояснення кольорової аберації (перекручуванню), що відбувається в лінзах телескопів і дзеркалах, а потім використав це явище для створення цілого ряду приладів для вивчення оптичних явищ — по-

лярископа, фотометра й ціанометра. Чимало робіт Араго присвятив вивченню розсіювання світла в атмосфері, і пояснив явище «мерехтіння» зірок. Одночасно вчений займався популяризацією науки — його перу належить чотиритомна «Загальнодоступна астрономія», що перевидавалася десятки разів і перекладена на безліч мов.

НАЙШВИДШИЙ У ПРИРОДІ

Коли Араго довелося познайомитися з конструкцією приладу, створеного англійським фізиком Уітстоном для дослідження електричних явищ, учений одразу зрозумів, що цей пристрій, що складається з дзеркал, які обертаються, може бути використаний для визначення швидкості світла. У 1838 р. Араго розробив план експерименту й доручив механіку Бреге виготовити нову конструкцію приладу, але той зіштовхнувся з такими технічними труднощами, що прилад запрацював лише в 1850 р. Однак до цього часу в Араго настільки ослаб зір, що він не зважився самостійно узятися за проведення експерименту і доручив його двом талановитим фізикам — Арману Фізо й Жану Фуко. У тому ж році були отримані результати — швидкість світла була виміряна з високою точністю й майже не відрізнялася від сучасних вимірів. Відтепер астрономи одержали надійну опору для вимірювання відстаней у космічному просторі.

У середині 19 ст. Франсуа Араго був одним із найпопулярніших людей у Франції. Його цікавила не лише наука, але й громадська діяльність. Він

«Араго-медальон» перед входом у Лувр. Ланцюжок з таких «медальйонів» перетинав увесь Париж, указуючи лінію проходження Паризького меридіана, який до 1884 р. вважався «нульовим» меридіаном

Ясне небо. Питанням про те, чому воно має сині кольори, також цікавився Араго. Повітря розсіює світло з короткою довжиною хвилі сильніше від довгохвильового. Синій колір розміщувався в короткохвильовій частині сонячного спектра і дужче розсіюється в атмосфері, ніж червоний. Тому ясне небо — за винятком диска Сонця — ми бачимо синім

був обраний членом Національних зборів, входив до складу уряду країни, де займався військовими справами. Араго був непохитним прибічником демократії, і коли в країні відбувся монархічний переворот, відмовився скласти присягу й залишив усі пости окрім одного — директора Паризької обсерваторії.

Ім'я Домініка Франсуа Араго внесене до списку найвидатніших учених Франції, розміщений на першому поверсі Ейфелевої вежі.

ЦІКАВО

Жан Фуко визначив швидкість світла в атмосфері як 298 тис. км/с. Найточніші сучасні виміри, у яких використовуються лазери й фотоелектронні помножувачі, дають цифру 299,8 тис. км/с. Точне значення швидкості світла в наші дні необхідне не тільки в теоретичній астрономії й астрофізиці, але і в практичних цілях. Воно використовується в радіолокації, у системах спостереження за штучними супутниками Землі, для визначення наземних відстаней за допомогою лазерних і радіодальномірів.

НЕВИДИМИЙ МОНУМЕНТ

Видатний російський астроном Василь Струве (1793—1864 рр.) широко відомий як засновник і перший директор всесвітньо відомої Пулківської обсерваторії, яку згодом стали називати «астрономічною столицею світу». Серед колег він мав найвищий авторитет як один з основоположників зоряної астрономії й дослідник подвійних зірок. Василь Струве першим виміряв річний паралакс і відстань до зірки — це була Вега в сузір'ї Ліри, одна з найяскравіших зірок на небосхилі Північної півкулі. Істинні масштаби Всесвіту відкрилися перед враженими сучасниками. Але головне досягнення вченого — здійснення проекту, початого в 1816 р., і завершеного тільки в 1855 р.

Василь Струве

«РОСІЙСЬКА ДУГА МЕРИДІАНА»

У 1816 р. в Російській імперії був розпочатий грандіозний науковий проект із метою вимірювання градуса й кривизни протяжного відрізка земного меридіана. Зміст цих вимірів полягав у тому, щоб установити точну форму та істинні розміри нашої планети, що мало найважливіше значення для астрономії, картографії й геодезії. Щоб здійснити ці виміри, довелося побудувати 265 вимірювальних станцій і пунктів, що простягнулися на відстань 2820 км по територіях десяти країн — Норвегії, Швеції, Фінляндії, Росії, Естонії, Латвії, Литви, України, Бєларусі й Молдови. Тобто від берегів Північного Льодовитого океану до гирла Дунаю. Розміри цього «вимірювального інструмента» можна порівняти хіба що з Великою Китайською стіною.

Карта «Дуги Струве»

ТОЙ, ЩО ВИПЕРЕДИВ ЧАС

Керував усією цією титанічною роботою, що тривала майже сорок років, Василь Струве. Його найближчими помічниками стали герой війни 1812 р. військовий картограф Карл Теннер і десятки шведських і норвезьких учених. Струве створив спеціальні вимірювальні прилади й інструменти, які помітно підвищили точність вимірів.

Даними, які вдалося одержати в результаті робіт на «Дузі Струве» (так прозвали сучасники створену астрономом систему вимірювальних станцій), протягом цілого століття користувався увесь світ. А коли настала епоха супутникових вимірів, з'ясувалося, що вони відрізняються всього на кілька міліметрів від результатів російського астронома. І саме створення «Дуги Струве» стало першим в історії прикладом наукового співробітництва між ученими різних країн та урядами суміжних держав.

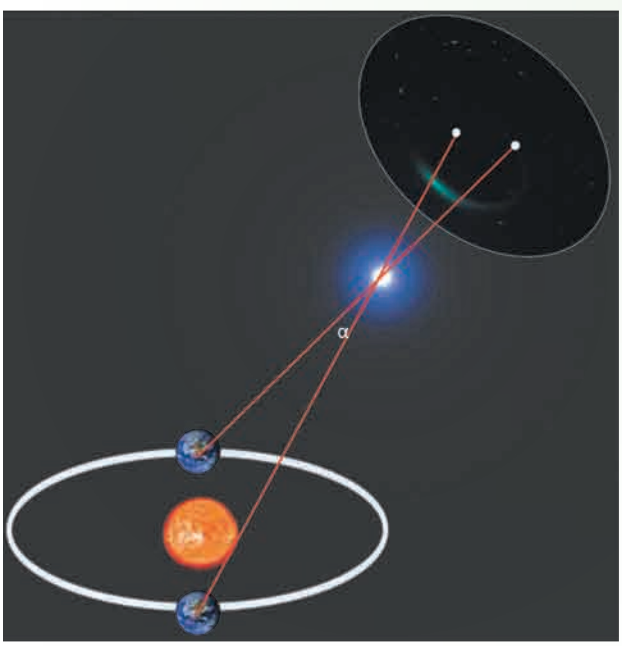
Однак уже через століття після завершення робіт мало хто пам'ятав, як здійснювався «найбільший вимір двох тисячоліть», а вимірювальні пункти прийшли в занепад і частково зруйнувалися. Лише в кінці 20 століття історики науки згадали про «Дугу Струве», але відшукати її сліди виявилося майже неможливо. Допомогла карта, складена самим астрономом і збережена в архіві Пулківської обсерваторії. Користуючись картою, вдалося розшу-

Вимірювальний пункт «Гогланд»

кати 34 геодезичні станції, більшість з яких являли собою залізні хрести, кам'яні піраміди й обеліски.

У наші дні Комітет ЮНЕСКО по Всесвітній Спадщині людства визнав «Дугу Струве» пам'яткою науки й культури всесвітнього значення. А для любителів екстремального туризму навіть існує особливий маршрут — від північного до південного краю «Дуги».

Річний паралакс зірки



Монумент у норвезькому місті Хаммерфельд — початковій точці «Дуги Струве»

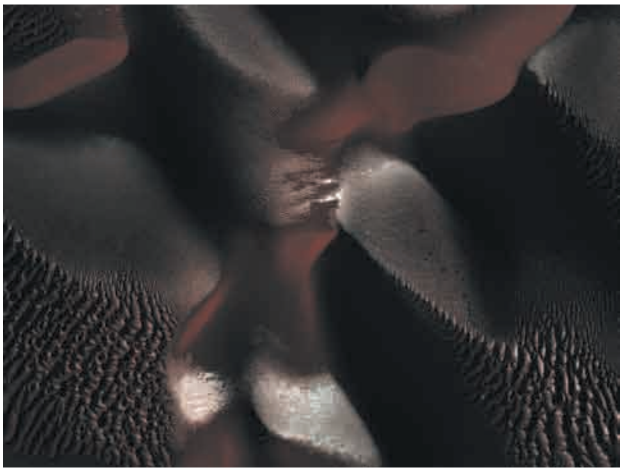
ЦІКАВО

У 1837 р. Василь Струве вперше точно виміряв річний паралакс зірки Вега, що склав 0,12 кутової секунди. Відстань до неї виявилася рівною 25,3 світлового року — тобто світло від Веги досягає землі приблизно за чверть століття. Для свого часу такий вимір було шедевром точності й майстерності.

Паралаксом (від грецького слова, що означає «зміна», «чергування») називають зміну видимого положення небесного тіла залежно від положення спостерігача. По суті, вимір паралакса схожий на шкільне завдання з вимірювання відстані до недоступного об'єкта — коли здійснюються виміри з двох базових точок і визначаються кути між базисом і прямими, проведеними до об'єкта. Потім на підставі властивостей трикутників обчислюється відстань до об'єкта. В астрономії для дуже віддалених небесних тіл використовується найбільший базис з усіх можливих на Землі — кути визначаються не одночасно, а тоді, коли наша планета перебуває в протилежних точках своєї орбіти. У такий спосіб базис становить близько 300 млн км, або подвоєну відстань від Землі до Сонця.

МАРСІАНСЬКИЙ БОТАНІК

Видатний російський астроном Гаврило Тихов (1875—1960 рр.) був одним із найвідоміших у світі фахівців із фотометрії, колориметрії й атмосферної оптики. Одним із перших він почав застосовувати світлофільтри в астрономії. У 1909 р. на 30-дюймовому телескопі-рефракторі Пулківської обсерваторії Тихов одержав перші фотографії Марса в різних ділянках спектра і виявив відмінності в розмірах і яскравості його полярних шапок, а також наявність димки в атмосфері цієї планети. У 1914 р., спостерігаючи за попелястим світлом неосвітленої Сонцем поверхні Місяця, учений уперше з'ясував, який колір має Земля при спостереженні з космосу. До цього ніхто навіть не здогадувався, що наша планета — блакитна. Одна з найважливіших робіт астронома — каталоги кольорів 18 тисяч зірок.



Іній на поверхні Марса. Фото космічного апарата «Вікінг»

ВІД ПАРИЖА ДО АЛМА-АТА

Гаврило Тихов народився в Білорусі, у містечку Смолевичі під Мінськом. Астрономія стала його любов'ю ще в дитинстві — книги відомого популяризатора астрономії Каміля Фламмаріона були його головним чтивом. У 1897 р. Тихов закінчив Московський університет, а потім до 1900 р. продовжував освіту в Сорбоннському університеті в Парижі. Там йому довелось попрацювати практикантом у Медонській обсерваторії під керівництвом найвідомішого французького астронома П. Жансена. Повернувшись у Москву, Тихов одержав ступінь магістра, кілька років викладав, а з 1906 р. протягом тридцяти років працював у Пулківській обсерваторії, де й були створені його основні наукові праці. Досвід зоряної фотометрії придався вченому і в інших областях — у 1930 р. Тихов організував аерофотометричну лабораторію при Державному інституті аерозйомки. На початку Другої світової війни вчений був відряджений у Казахстан для спостереження за повним сонячним затемненням 21 вересня 1941 р., а повернутися в Пулково йому вже не довелося — на околицях Ленінграда йшли бої.

До кінця своїх днів Тихов жив і працював в Алма-Ата і став одним із засновників Академії наук Казахстану.

Гаврило Тихов та обкладинка книги спогадів ученого. Гаврило Тихов опублікував більше ніж 230 наукових і науково-популярних робіт

КОЛИ «МОРЯ» ТЕМНІЮТЬ

Протягом усієї своєї наукової кар'єри Гаврило Тихов займався дослідженням Марса і знав про «Червону планету» усе, що міг знати вчений його часу. Особливо його цікавило явище, яке спостерігали багато астрономів: деякі ділянки поверхні Марса (так звані «моря») на кілька місяців темніли, потім світлішали, потім знову темніли. Пояснення висува-

«Моря» і полярні шапки Марса

Ділянка поверхні Марса

лися різноманітні, у тому числі й таке: ці простори покриті рослинністю, що розвивається залежно від сезонних змін температури й вологості.

Російський астроном, на відміну від багатьох учених того часу, вважав, що життя на Землі — не унікальне явище, воно поширене у Всесвіті набагато більше, ніж здається. Однак існувало вагоме заперечення — чи можуть рослини пристосуватися до вкрай суворих кліматичних умов Марса? Так — відповідав Тихов, але, зрозуміло, інші, ніж ті, що існують у земній біосфері. Марсіанські рослини повинні «уміти» справлятися з жорстоким навколишнім середовищем, міняючи свої оптичні властивості і збільшуючи або зменшуючи поглинання сонячної радіації.

У пошуках доказів існування рослинності на Марсі вчений розпочав серію спостережень за «Червоною планетою» у різних ділянках спектра, а потім у ході декількох експедицій у приполярні й високогірні райони досліджував відбиваючу здатність земних рослин у різних кліматичних умовах. І прийшов до висновку, що марсіанська флора повинна бути схожою на тундрову рослинність — мохи, лишайники, карликові чагарнички, —

ЦІКАВО

Батька «астроботаніки», хоч він і був стриманим і коректним ученим, «ботаніком» у сучасному глузливому сенсі слова не назвеш. Гаврилу Тихову довелося пізнати бідність і поневіряння, пройти окопи Першої світової війни і бути підданим репресіям у 30-ті роки. Під час роботи в Медонській обсерваторії він двічі сходив на вершину Монблану, де була розгорнута одна зі спостерігальних станцій, а в 1899 р., щоб спостерігати за метеорним потоком Леоніди, учений регулярно піднімався в нічне небо на повітряній кулі. Під час Першої світової він продовжив свою кар'єру аеронавта, фотографуючи з повітряної кулі розташування німецьких укріплень. У цілому Тихов брав участь у 20 наукових експедиціях, а під час однієї з них виявив існування двох структур у сонячній короні — «променистої» й «матової».

і мати синьо-блакитне забарвлення. Так був покладений початок «прикордонній» галузі знання, що займалася прогнозуванням імовірного вигляду форм неземного життя на основі точних знань, отриманих астрономами й біологами. Гаврило Тихов назвав її «астроботанікою».

Через чверть століття після смерті астронома дослідження за допомогою автоматичних космічних апаратів показали, що на Марсі немає рослинності — ні синьо-зеленої, ні будь-якої іншої. Потемніння й посвітління «морів» також пояснювалося переносом великих мас пилу. Однак з'ясувалося й дещо ще: там є вода, нехай і у вигляді солоного льоду, атмосфера на 97 % складається з вуглекислого газу, необхідного для рослин, а температура на екваторі планети вдень піднімається до 30 градусів за Цельсієм. Виходить, не виключене й існування життя — нехай усього лише у вигляді бактерій і найпростіших. Що стосується вищих рослин, то сучасні біологи стверджують, що вже сьогодні могли б методами генної інженерії створити рослини, повністю пристосовані для заселення марсіанських рівнин.

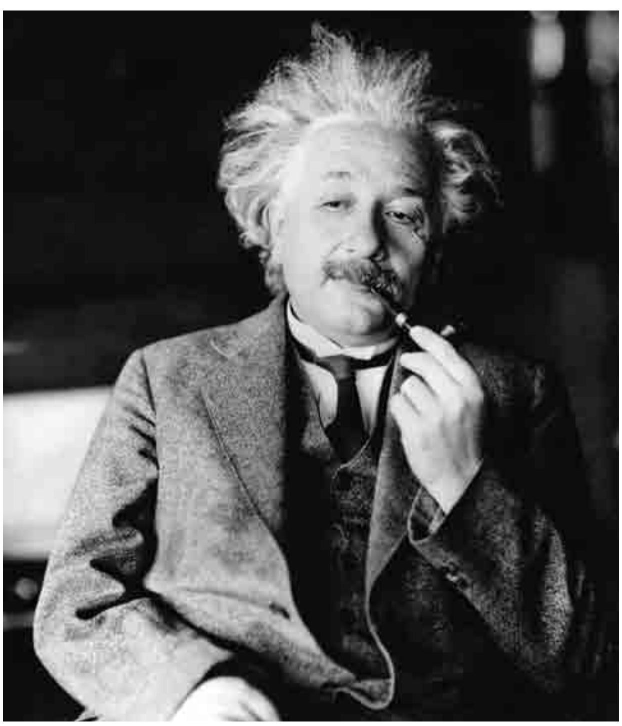
Головний купол Пулківської обсерваторії, у якій Г. Тихов працював три десятиліття

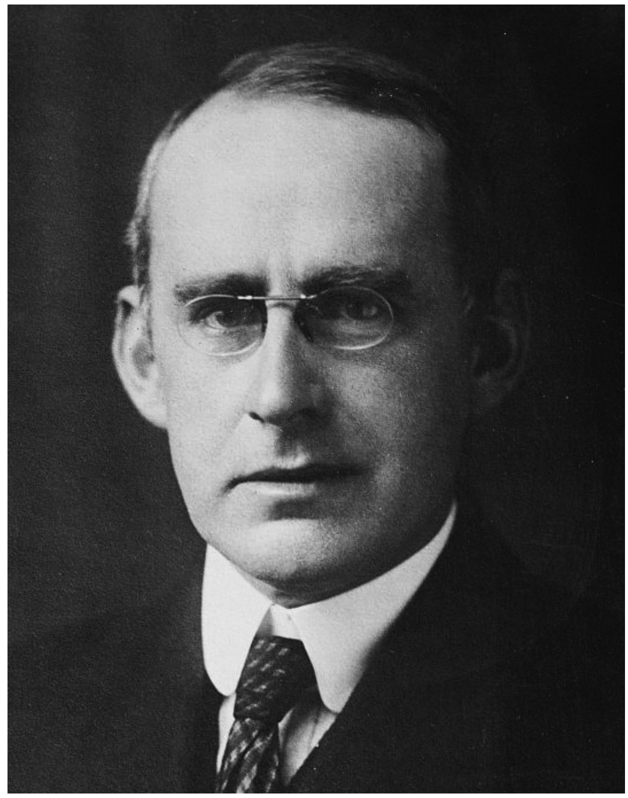
У НОВОМУ ПРОСТОРІ Й ЧАСІ

У перші десятиліття 20 століття, з появою спеціальної й загальної теорії відносності А. Ейнштейна і відкриттям елементарних часток, друге народження пережила космологія — розділ астрономії й астрофізики, що вивчає походження й еволюцію Всесвіту. Загальна теорія відносності пропонувала зовсім новий погляд на простір, матерію й тяжіння. Відповідно до Ньютона, сила тяжіння передається від одного матеріального тіла до іншого невідомо яким чином через абсолютно порожній простір. І не існувало ніяких пояснень тому, як це відбувається. Ейнштейн же припустив, що матеріальним носієм тяжіння є чотиривимірний простір — час, що має на різних ділянках різну кривизну. А причиною викривлення простору саме і є наявність матерії. І чим більша енергія цієї матерії, тим викривлення сильніше. Такі викривлення і є гравітаційними збуреннями, які поширюються з кінцевою швидкістю, а не миттєво.

Такий погляд здійснив переворот в умах астрономів. Залишалося знайти підтвердження тому, що Ейнштейн правий. А це виявилося дуже складною і копіткою справою.

Альберт Ейнштейн, творець спеціальної й загальної теорії відносності, найвидатніший учений 20 століття, чиї праці лежать в основі сучасної фізики й астрономії

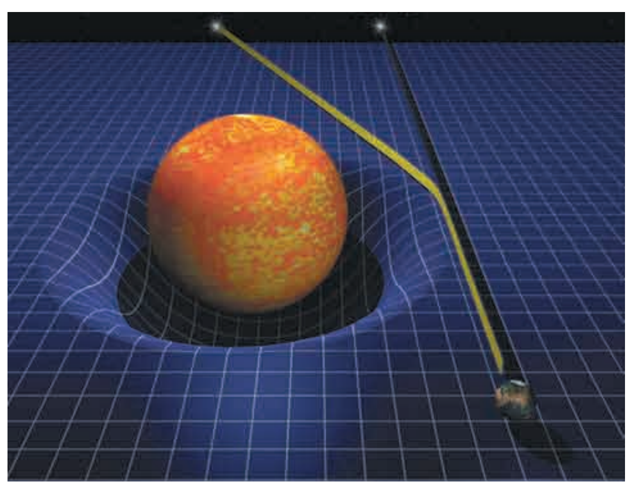


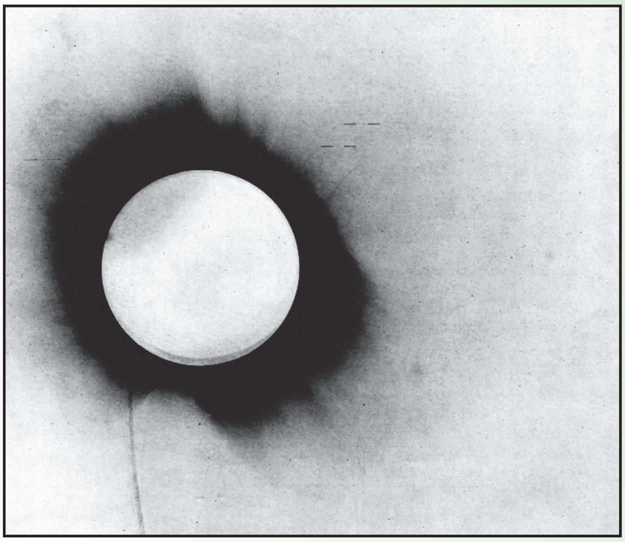


Артур Стенлі Еддінгтон

Блискучий англійський астроном і математик Артур Стенлі Еддінгтон (1882—1944 рр.), закінчивши Трініті-коледж Кембриджського університету, в 1906 р. почав працювати асистентом у Гринвіцькій королівській обсерваторії, а вже через вісім років був призначений професором астрономії й директором обсерваторії Кембриджського університету. Його дослідження були присвячені руху та внутрішній будові зірок і зоряних

Викривлення простору масивним тілом — наприклад, планетою





Знаменитий знімок Артура Еддінгтона, що підтвердив передбачення загальної теорії відносності про викривлення променів світла поблизу великих мас

систем. Еддінгтон був творцем однієї з перших моделей зірки, що ґрунтувалася на тому, що стійкість розпеченої газової кулі зберігається за рахунок рівноваги між силами тяжіння, силами тиску газів і випромінювання.

Учений був гарячим прихильником теорії відносності — на основі рівнянь Ейнштейна він розрахував діаметр і щільність зірок із класу червоних гігантів і білих карликів. Але його головним здобутком залишається експериментальне підтвердження одного з найважливіших передбачень теорії відносності — відхилення світлових променів у гравітаційному полі Сонця.

У 1919 р. Артур Еддінгтон очолив експедицію на острів Принсіпі в Західній Африці, щоб під час повного сонячного затемнення провести спостереження за поведінкою світла від зірок, візуально розташованих на небосхилі поблизу сонячного диска. У середині травня вчений установив обладнання для спостереження на острові. Затемнення повинне було початися 29 травня 1919 р. о 14 годині, однак зранку налетів шторм, небо було закрите суцільними хмарами. Лише близько опівдня дощ скінчився і з'явилося Сонце. Пізніше Еддінгтон писав: «Я зовсім не бачив самого затемнення, тому що був занадто зайнятий, міняючи фотопластинки в приладах. Мені вистачило одного погляду, щоб упевнитися, що затемнення почалося, і півпогляду, щоб оцінити щільність хмар. Ми зробили 16 знімків, і лише останні дали нам те, що було потрібно...»

Проявивши знімки і вимірявши відхилення в положеннях зірок, 3 червня 1919 р. вчений занотував у своїй записній книжці: «На одній пластинці виміри дали результат, передбачений Ейнштейном».

У 1930 р. Артур Еддінгтон за видатні наукові заслуги був удостоєний королевою Англії лицарського звання, а в 1938 р. став президентом Міжнародного астрономічного союзу.

ДЕ НАШЕ МІСЦЕ?

Ім'я американського астронома Харлоу Шеплі (1885—1972 рр.) пов'язане з дослідженням подвійних зірок і визначенням відстані до них. Цей уродженець Нешвілла, блискуче закінчивши університет штату Міссурі, продовжив освіту в Прінстоні. Ще зовсім молодим ученим Шеплі запропонував незвичайний метод визначення відстані до подвійних зірок на основі вивчення їх кольору і спектра. Потім, досліджуючи кульові зоряні скупчення, астроном запропонував спосіб визначення відстані до дуже віддалених зоряних систем, заснований на спостереженні за зірками зі змінним блиском, що входять у них — цефеїд.

Харлоу Шеплі став першим ученим, що визначив розміри нашої Галактики — вона виявилася значно більшою, ніж вважалося раніше, і побудував її модель. І найголовніше — він установив істинне положення Сонця й Сонячної системи в галактиці.

За свої дослідження американський астроном був визнаний гідним безлічі нагород, у тому числі Золотої медалі англійського Королівського астрономічного товариства (1934 р.). Харлоу Шеплі став одним із засновників ЮНЕСКО, його перу належать перекладені на безліч мов науково-популярні книги «Галактики» та «Зірки і люди».

ЦІКАВО

На відміну від «вундеркіндів», які ледь не з пелюшок потяглися до телескопа, Харлоу Шеплі замолоду взагалі не думав про наукову діяльність. Закінчивши школу в Нешвіллі, він кілька місяців працював репортером у місцевій газеті, а потім вирішив вступити на відділення журналістики в університеті штату Міссурі. Він вирушив у місто Колумбію, де був університет, але після приїзду туди довідався, що став жертвою поспішної реклами — відділення журналістики мали відкрити тільки через рік. Тоді Харлоу відкрив список лекційних курсів, що читалися в той час в університеті, і вибрав той, котрий стояв першим: «астрономія». Це й вирішило долю великого знавця галактик.

«ПІДРИВНИКИ» ВСЕСВІТУ

Розвиток у 20 столітті математики, фізики й астрономії докорінно змінив погляди вчених на виникнення й розвиток Всесвіту. Світобудова, як з'ясувалося, не вічна й не незмінна, вона має початок і, ймовірно, кінець. Відкриті астрономами в тій частині Всесвіту, що доступна для спостереження із Землі, дивні явища — зокрема, так званий «червоний зсув», підказали дослідникам, що в далекому минулому — приблизно 14 мільярдів років тому — у Всесвіті мала місце якась дивовижна подія, яку можна порівняти зі «створенням світу» або з невимовно грандіозним вибухом. Результатом цієї події і став сучасний стан Всесвіту.

ЛЮДИНА-НАДНОВА

Коротким, яскравим і неймовірно інтелектуально напруженим було життя російського вченого Олександра Фрідмана (1888—1925 рр.). Воно й справді було схоже на спалах сліпуче яскравої зірки на небосхилі науки. Розквіт його таланту припав на найважчі роки Першої світової війни, революції й громадянської війни в Росії.

Фрідман народився в Санкт-Петербурзі в родині професійних музикантів. Ще в ранньому дитинстві проявилися його видатні математичні здібності, а в 1906 р. він уже опублікував свою першу наукову працю в одному з провідних наукових журналів Німеччини. Тоді ж він вступив на математичне відділення фізико-математичного факультету Петербурзького університету, а після його закінчення був залишений на кафедрі чистої й прикладної математики для підготовки до професорського звання. Дитяче захоплення астрономією було забуте — у 1913 р. Фрідман став співробітником

Приблизно так, на думку деяких дослідників, міг виглядати Великий Вибух

Олександр Фрідман

Аерологічної обсерваторії в Павловську під Петербургом і зайнявся метеорологією — теорією атмосферних фронтів і вихорів в атмосфері. У цей період він не раз піднімався в повітря на дирижаблях, а з початком війни вступив добровольцем в авіаційний загін, де брав участь у бойових вильотах як спостерігач.

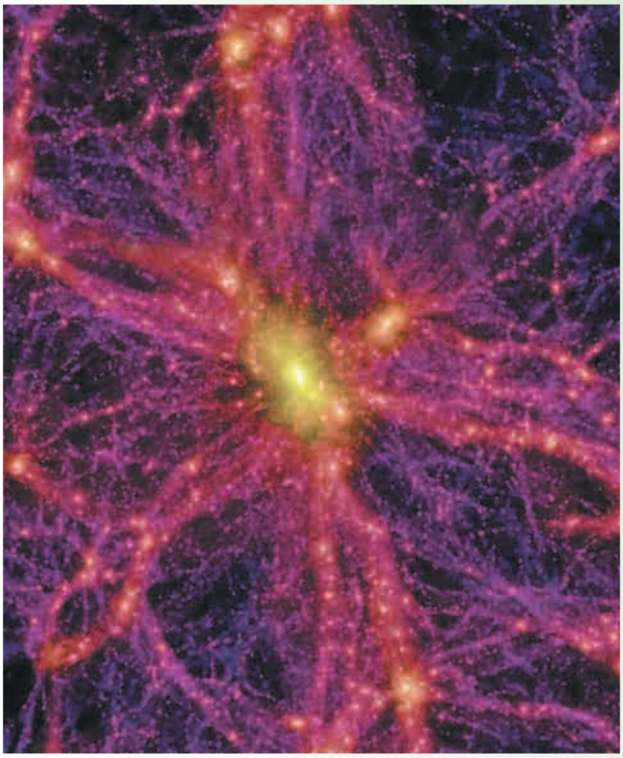
Із 1920 р. Фрідман працював у Головній геофізичній обсерваторії, пізніше став її директором. Він був одним із перших російських учених, що освоїли математичний апарат теорії гравітації Ейнштейна. У 1923 р. побачила у світ його книга «Світ як простір і час», що познайомила широку публіку з новою фізикою. У 1922—1924 рр. Фрідман одержав перші рішення рівнянь Ейнштейна для моделі релятивістського Всесвіту і прийшов до висновку, що Всесвіт не є чимось постійним і таким, що не піддається змінам. Більше того, відповідно до його припущень, Всесвіт розширюється — тобто, міркуючи логічно, можна допустити, що на початку його існування вся матерія Всесвіту була зосереджена в мізерно малому об’ємі, звідки й почалося її «розлітання». У Всесвіті нерідко відбуваються процеси вибухового характеру, і Фрідман висловив здогад, що в самому початку його розвитку лежить вибуховий процес — «Великий Вибух».

Розрахунки Олександра Фрідмана знайшли блискуче підтвердження в 1929 р., коли американський астроном Едвін Хаббл виявив, що спектральні лінії в спектрах віддалених галактик загадковим чином зміщені до червоного кінця спектра.

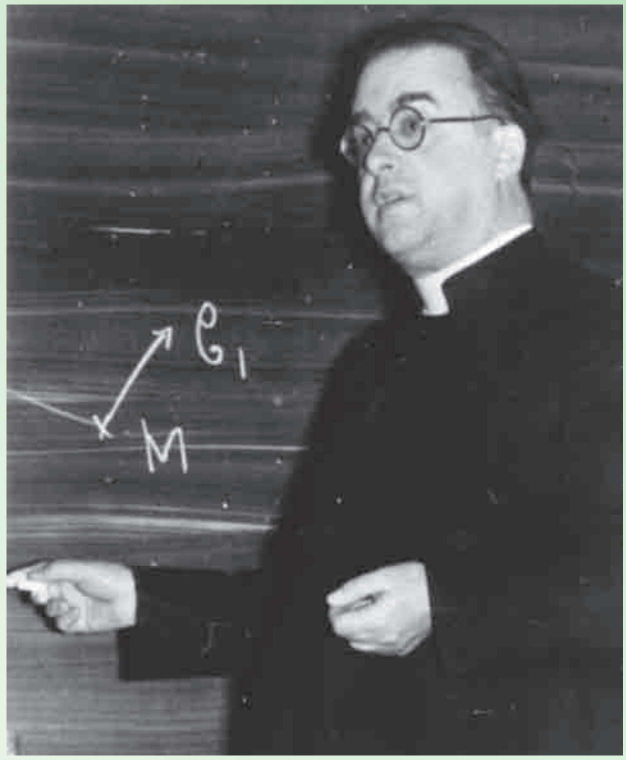
На жаль, життя видатного вченого рано обірвалося — він загинув від черевного тифу в 1925 р.

ПРЕЗИДЕНТ ВАТИКАНСЬКОЇ АКАДЕМІЇ

Бельгійський астроном і математик Жорж Едуард Леметр (1894—1966 рр.) у 1914 р. закінчив Лувенський університет і одержав спеціальність інженера. Однак на цьому він не збирався зупинятися, якби не світова війна. Леметр став артилеристом і на власному досвіді відчув усі тяготи й жахи воєнного часу. Після укладення миру з Німеччиною він повернувся в Лувен і продовжив вивчати фізику,



Комп'ютерна модель сучасного стану нашого Всесвіту



Жорж Леметр

математику і… теологію. А в 1922 р. був піднесений до сану священика.

Але з наукою Леметр не пориває — захоплений астрофізикою, він вирушає до Англії, у Кембриджський університет, де самовдосконалюється під керівництвом А. Еддінгтона, потім у США — для стажування в Гарварді й Массачусетському технологічному інституті. У віці 33 років Жорж Леметр стає професором астрофізики Лувенського університету, потім членом Папської Григоріанської академії у Ватикані, а через двадцять років — її президентом.

У 1927 р. Ж. Леметр, абсолютно незалежно від О. Фрідмана, про роботи якого він не міг знати, сформулював теорію Всесвіту, що розширюється завдяки «Виликому Вибуху». Опирався він на ранні спостереження Е. Хаббла, що виявив «розлітання галактик». Крім того, бельгійський астрофізик висловив чимало припущень про фізичну природу й властивості матерії в найбільш ранні періоди після «Великого Вибуху» і про причини подальшого формування галактик.

Папська академія наук у Ватикані. Уперше за всю історію її існування президентом Папської академії наук у наші дні стала жінка — філософ і правознавець Мері Енн Глендон. Серед вісімдесяти членів академії тридцять — лауреати Нобелівської премії

ЦІКАВО

Жорж Леметр уявляв собі Всесвіт як природну подобу радіоактивного атома, у якому вся енергія й речовина сконцентровані в ядрі. Всесвіт, що розширюється, на його думку, повинен був виникнути в результаті вибуху цього «первозданного ядра». Свій варіант «Великого Вибуху» Леметр описав у книзі «Первозданний атом: нарис із космогонії» (1950). Залишаючись священиком, учений завжди був вірним точним фактам і ніколи не змішував науку й релігію.

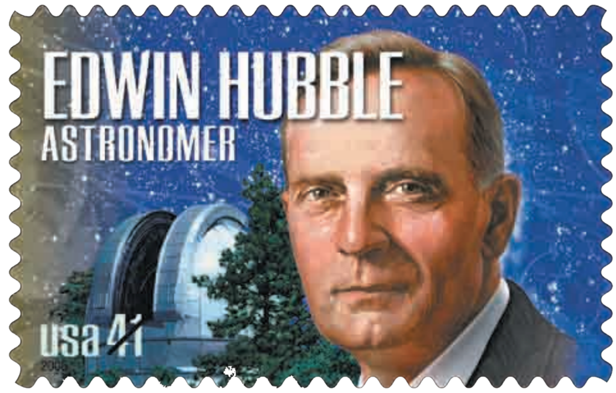
МИСЛИВЕЦЬ ЗА ГАЛАКТИКАМИ

Обсерваторія Маунт-Вілсон, розташована на висоті 1700 м над рівнем моря, недалеко від Лос-Анджелеса (США), готувалася до введення в експлуатацію наймогутнішого астрономічного інструмента початку 20 століття — телескопа-рефлектора із дзеркалом діаметром у 100 дюймів. Керував цією роботою, що розтяглася на дев'ять років, директор обсерваторії, чудовий учений і організатор Джордж Хейл. Тим часом син страхового агента з Міссурі на ім'я Едвін Пауелл Хаббл встиг закінчити Чиказький університет, одержати стипендію для продовження освіти в Англії, провести там три роки, а після повернення до Чикаго підготувати у Йєркській обсерваторії докторську дисертацію. Неабиякі дослідження, виконані Хабблом, стали причиною, через яку він був запрошений для роботи на новому телескопі. Зустріч молодого астронома з найбільшим дослідницьким інструментом того часу зробила обох знаменитими.

ТУМАННОСТІ З ДИВАЦТВАМИ

Спочатку об'єктом уваги Едвіна Хаббла стали туманності — об'єкти, природа яких була все ще незрозуміла астрономам. Досліджуючи туманності, видимі в смузі Чумацького Шляху, Хаббл довів, що вони випромінюють світло тільки тому, що в їхніх надрах ховаються зірки — газ туманностей перетворює ультрафіолетове випромінювання зірок у видиме світло.

Едвін Пауелл Хаббл за своїм телескопом



Поштова марка на честь Едвіна Пауелла Хаббла

Астроном виявив і класифікував туманності, що розташовані поза Чумацьким Шляхом, розділивши їх на спіральні, еліптичні й неправильні. А в 1923 р. приступив до спостереження за туманністю в сузір'ї Андромеди, не здогадуючись, які несподіванки вона таїть. Оцінивши світність і блиск виявлених двох нових зірок, учений прийшов до висновку, що Велика туманність Андромеди — не що інше, як інша зоряна система, що лежить далеко за межами нашої Галактики. А незабаром були виявлені ще дві позагалактичні зоряні системи. Для колег-астрономів це було шоком — Всесвіт постав перед ними у вигляді нескінченного простору, заповненого «зоряними островами». Але головні відкриття ще були попереду.

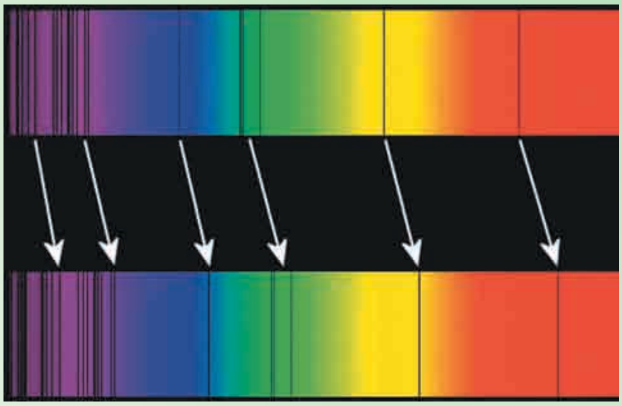
НАВІЩО ВОНИ ТІКАЮТЬ?

У січні 1929 р. Едвін Хаббл опублікував у «Працях Національної Академії наук США» невелику замітку під назвою «Про зв'язок між відстанню і променевою швидкістю позагалактичних туманностей». З неї випливало, що галактики у Всесвіті не «ширяють» у просторі, а «тікають» одна від одної, розлітаються, причому швидкості їхнього руху тим

Туманність Андромеди — гігантська спіральна галактика, розташована найближче від усіх інших «зоряних островів» до Чумацького Шляху

ЦІКАВО

«Червоний зсув» — зрушення спектральних ліній хімічних елементів у червоний (довгохвильовий) бік. Кожний хімічний елемент поглинає або випромінює електромагнітні хвилі винятково на певних частотах. Тому він утворює у спектрі неповторну картину з ліній, що використовується для спектрального аналізу. Залежно від швидкості руху віддаленого об'єкта (галактики, зірки) частота випромінювання від нього може змінюватися (знижуватися або підвищуватися), а лінії елементів у спектрі будуть зміщуватися, зберігаючи при цьому своє розташування одна відносно одної. Зсув ліній у червоний бік (пов'язаний із віддаленістю об'єкта) і називається «червоним зсувом».



Приклад «червоного зсуву»

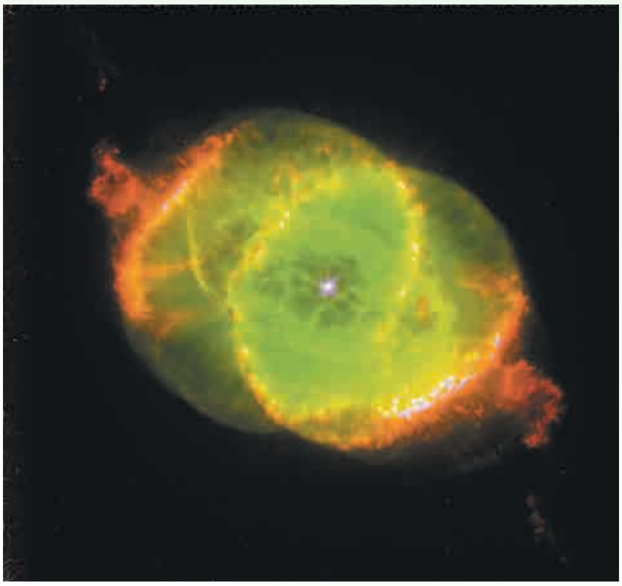
більші, чим далі галактика розташована від земного спостерігача. Незабаром ця залежність була названа законом Хаббла, а сам відкривач закону став одним із найвідоміших і найпопулярніших учених у світі. Теорія Всесвіту, що розширюється, одержала найважливіше підтвердження. Астронома запрошують прочитати лекції багато університетів Америки й Англії, його нагороджують почесними медалями, обирають членом академій і наукових товариств. Зрештою Хабблу, щоб звільнити час для продовження досліджень, довелося написати популярну книгу «Світ туманностей».

ДЕ РОЗМІЩУЄТЬСЯ «ТОЧКА ВИБУХУ»

Для більшої наочності закон Хаббла можна пояснити в такий спосіб. Колись давно Всесвіт утворився в результаті Великого Вибуху. У момент вибуху різні частки матерії (осколки) одержали різні швидкості. Ті з них, що одержали більші швидкості, на цей момент встигли полетіти далі, ніж ті, які одержали менші швидкості. Якщо провести розрахунок, то виявиться, що залежність відстані від швидкості є лінійною. Крім того, виявляється, ця залежність однакова для всіх точок простору, тобто за допомогою спостережень за осколками, що розлітаються, неможливо виявити «точку вибуху»: з «точки зору» кожного осколка, саме він перебуває в центрі. Однак варто пам'ятати, що розширення Всесвіту неможливо описати за допомогою класичної механіки. Для цього й була створена теорія відносності.

Група галактик у сузір'ї Змії, що розташована від нас на відстані в 190 млн світлових років

Туманність «Котяче Око» — планетарна туманність у сузір'ї Дракона. Планетарні туманності складаються з центральної зірки, яка оточена обширною газовою оболонкою. На знімках, зроблених із високою роздільною здатністю телескопом «Хаббл», можна побачити кілька сплетінь, викидів і яскравих дугоподібних елементів



ВІДКРИТТЯ, ЩО ЗАКІНЧИЛОСЯ «ЗАКРИТТЯМ»

Епоха «великих одинаків» в астрономії завершилася ще на початку 19 століття. За вивчення Всесвіту взялися великі обсерваторії, де працювало багато вчених, а обладнання й інструменти коштували величезних грошей. Саме там були зроблені найбільші відкриття середини 19 — початку 20 століття. Але Всесвіт такий неосяжний і складний, що шанс виявити новий об'єкт — комету або астероїд, — як і раніше, є навіть в астронома-аматора. Такий шанс не упустив і уродженець штату Іллінойс американський астроном Клайд Вільям Томбо (1906—1997 рр.), що прославився на увесь світ.

«ВІН ВІДКРИЄ НОВИЙ СВІТ!»

Клайд Томбо народився в родині бідного фермера-орендаря. У дванадцять років він уперше глянув в астрономічну трубу на Місяць, і із цього моменту його серце було назавжди віддане астрономії. Клайд блискуче закінчив середню школу. У книзі випускників на його сторінці однокласники написали пророчу фразу: «Він відкриє новий світ!», але подальше навчання для обдарованого юнака виявилося неможливим — у батьків не було ані копійки.

Тоді Клайд прийняв рішення самостійно вивчати астрономію й побудувати телескоп. Після перших невдалих дослідів із відливання увігнутого дзеркала з розплавленого скла, для дотримання температурного режиму йому довелося викопати глибокий льох і вже там обробляти дзеркала й лінзи для свого 9-дюймового рефлектора. Замальовки перших спостережень — місячних кратерів, супутників Юпітера, поверхні Марса Томбо послав в Аризону, в Обсерваторію Лоуелла, де вони були високо оцінені фахівцями. Наприкінці 1928 р. директор обсерваторії доктор Весто Слайфер надіслав Клайду листа із запрошенням на роботу. Він був зарахований у штат як лаборант-фотограф.

На початку квітня 1929 р. двадцятидвохрічний самоучка, що не мав університетського диплома, приступив до дослідження зірок у сузір'ї Близнюків за допомогою 13-дюймового астрографа — телескопа, призначеного не для візуального спостереження, а для фотографування ділянок неба. Десь там, серед розсипу нерухомих зірок, ховалася таємнича «занептунова планета Х», яку досі нікому не вдавалося виявити. Припущення про її існування висловив знаменитий астроном Персиваль Лоуелл, творець і науковий керівник обсерваторії в Аризоні.

Клайд Вільям Томбо. У руках ученого фотопластинки астрографа, на яких уперше зафіксований Плутон

АСТРОНОМІЧНИЙ «БЕНКЕТ»

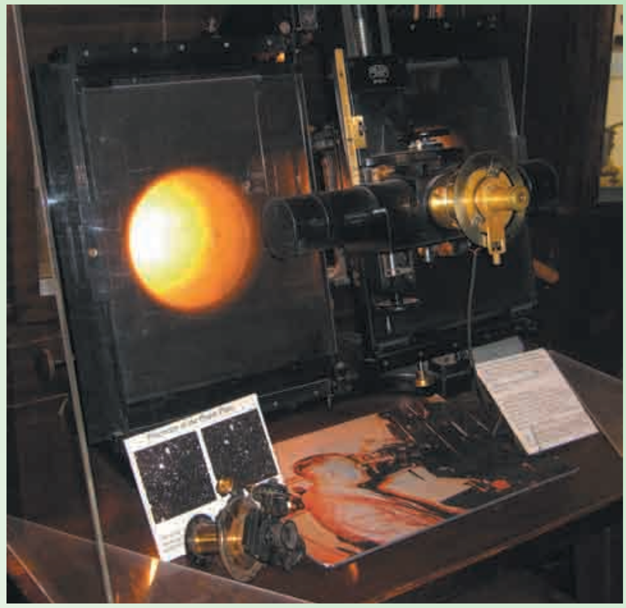
Одержавши вперше в житті у своє розпорядження потужний і досконалий дослідницький інструмент, Клайд Томбо працював по 14 годин на добу, фотографуючи ті самі ділянки неба з інтервалом у два-три дні. Потім отримані знімки — а їх були сотні — порівнювалися за допомогою особливого пристрою — блінк-мікроскопа, що дозволяв виявити розбіжності між знімками. Нерухомі зірки залишаються на своїх місцях, а об'єкти, що рухаються — такі як планети або астероїди,— змінюють своє положення.

За допомогою астрографа Клайд Томбо до січня 1930 р. виявив нову комету, кілька нових астероїдів і провів самостійне дослідження із просторового розподілу галактик. А 18 лютого 1930 р. одна із світних точок поблизу зірки дельта Близнюків «заколивалася». Це й була «планета Х», що згодом одержала назву Плутон, — дев'ята в Сонячній системі. Відкриття, до якого прагнули сотні астрономів, дісталося самовідданому лаборантові-самоучці.

Однак самоучкою Томбо залишався недовго — в 1932 р. він вступив до Канзаського

13-дюймовий астрограф Обсерваторії Лоуелла, на якому були отримані знімки Плутона

університету, закінчив його, продовжуючи працювати в обсерваторії, а на початку сорокових років викладав в Аризонському коледжі й Каліфорнійському університеті в Лос-Анджелесі. Пізніше астроном став професором і почесним професором університету Нью-Мексико. За відкриття Плутона дослідник був визнаний гідним спеціальної нагороди — медалі із зобра-



Одна з перших моделей блінк-мікроскопа («миготливого мікроскопа»), що дозволяв одночасно переглядати й порівнювати дві астрофотографії

женням Вільяма Гершеля і медалі Лондонського королівського астрономічного товариства.

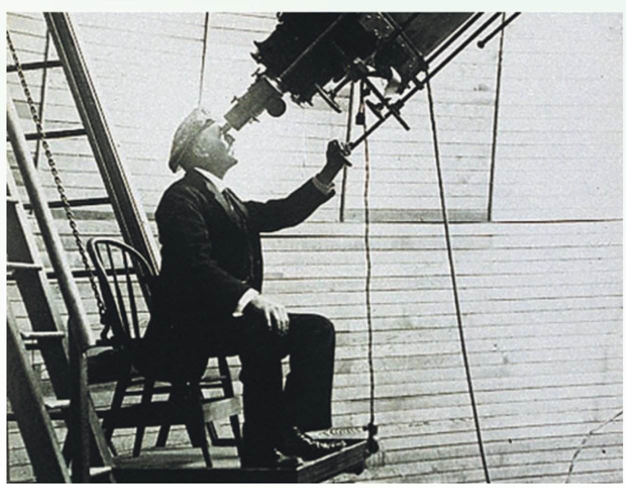
Земна доля Плутона виявилася непростою. До останнього часу багато астрономів висловлювало сумніви — а чи треба його взагалі вважати планетою Сонячної системи, а не великим астероїдом або карликовою планетою. Зрештою, ця думка взяла гору, і в 2006 р. Міжнародний астрономічний союз позбавив Плутон статусу дев'ятої планети і увів поняття «плутоїди» — карликові планети, що рухаються віддаленими окраїнами Сонячної системи разом з астероїдами. У відповідь сенат штату Іллінойс, де народився Клайд Томбо, прийняв рішення, що на території Іллінойсу Плутон буде вічно вважатися планетою Сонячної системи і нічим іншим.

ЦІКАВО

Назва «Плутон» була запропонована одинадцятирічною англійською школяркою Венецією Берні, що надіслала листа в Обсерваторію Лоуелла, де 24 квітня 1930 р. воно було прийняте загальним голосуванням всіх співробітників. Дівчинка вирішила, що ім'я божества підземного світу найкраще підходить для такої віддаленої, холодної й темної планети, якою повинен бути Плутон.

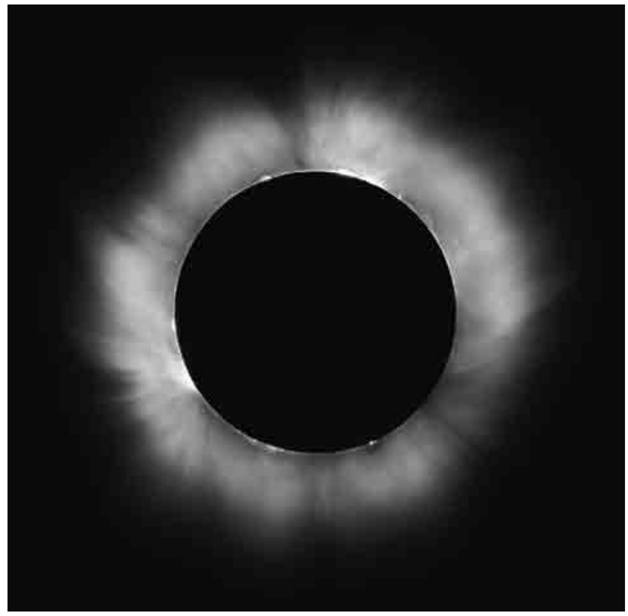
Цікаво, що персонаж мультфільмів Уолта Діснея пес Плуто, що вперше з'явився на екранах у 1930 р., названий на честь нової планети. А в 1943 р. фізик Гленн Сіборг назвав плутонієм новровідкритий радіоактивний елемент.

Персиваль Лоуелл, творець знаменитої обсерваторії в містечку Флагстафф (Арізона), біля телескопа



ПРО ЧАС І ПРО ДОЛЮ

Видатний астроном і астрофізик Микола Козирєв (1908—1983 рр.) народився в Санкт-Петербурзі в родині інженера-шляховика. У 1928 р. закінчив фізико-математичний факультет Ленінградського університету, а потім, на настійну вимогу викладачів, що побачили у випускнику майбутнього великого вченого, був прийнятий аспірантом у Головну астрономічну обсерваторію СРСР у Пулково. Про успіхи Козирєва свідчить і те, що по закінченні аспірантури він разом із майбутнім академіком В. Амбарцумяном був зарахований у штат обсерваторії «фахівцем першого розряду». Одночасно з роботою в обсерваторії молодий учений читав лекції з теорії відносності в Ленінградському педагогічному інституті. Козирєву обіцяли блискуче майбутнє. Роботи молодого вченого в цей період були присвячені фізиці зірок, дослідженню планет і Місяця. Козирєв успішно розвивав теорію протяжних зоряних атмосфер (згодом в астрономії вона одержала назву теорії Козирєва — Чандрасекара) і теорію сонячних плям.

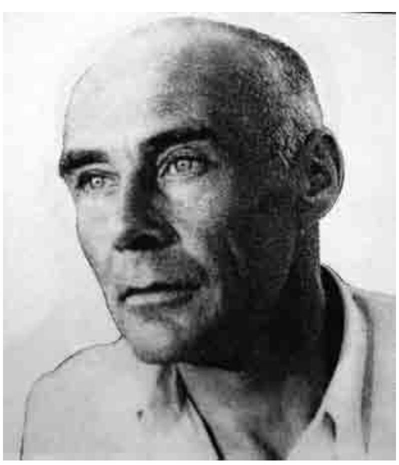


Атмосфера Сонця. Фото під час сонячного затемнення 1999 р.

КАТАСТРОФА

Усе почалося зненацька — після повернення з експедиції в Таджикистан Козирєва звинуватили в самоправності й незаконній витраті коштів (йому довелося продовжити строки роботи експедиції заради завершення досліджень). Чиновників, що очолювали в той час Пулківську обсерваторію, не цікавили причини, і вчений був звільнений. Сьомого листопада 1936 р. його заарештували у зв'язку з так званою «Пулківською справою». За сфабрикованими в НКВС звинуваченнями тоді була заарештована і засуджена велика група астрономів Пулківської обсерваторії і багато інших астрономів, астрофізиків, геофізиків, геодезистів і геологів Москви й Ленінграда. Після суду Козирєв був переведений у Норильськ, працював у геологічному управлінні Норильського металургійного комбінату, практично повністю укомплектованого в'язнями, а потім виконробом і начальником геолого-горозвідувального загону.

У 1946 р. за клопотанням колег-астрономів учений був достроково звільнений. Причиною стала необхідність післявоєнного відновлення найбільших обсерваторій, повністю зруйнованих у ході війни. Обвинувачення були остаточно зняті з Миколи Козирєва тільки у 1958 р.

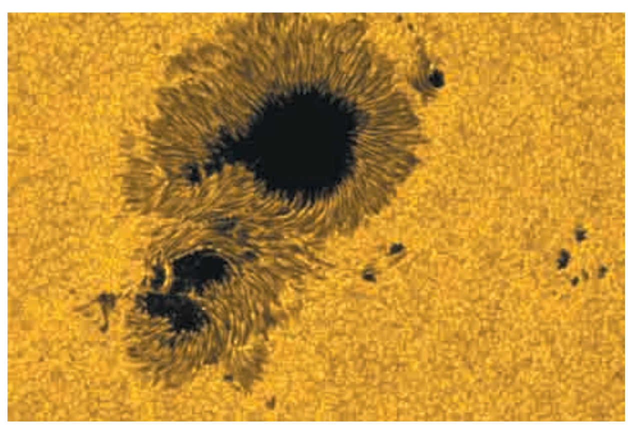


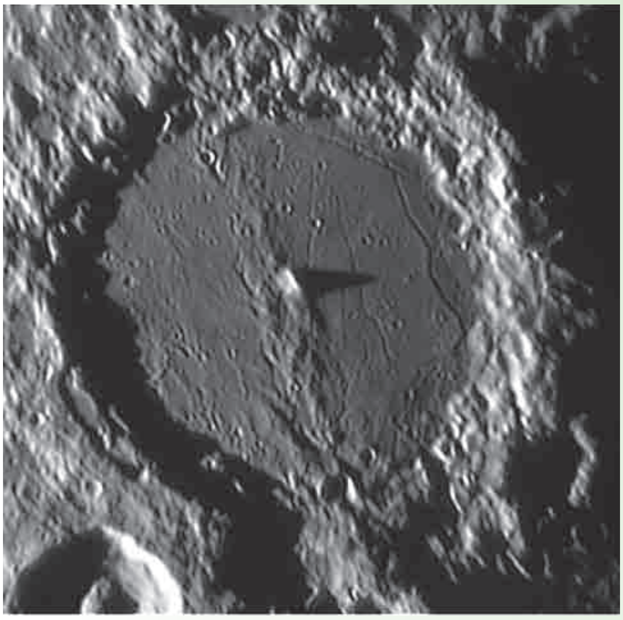
Микола Козирєв

У ПОГОНІ ЗА ВТРАЧЕНИМ ЧАСОМ

Ціле десятиліття творчого життя одного із найталановитіших астрономів сучасності було загублено, і Козирєв з одержимою цілеспрямованістю почав надолужувати втрачене. Уже в 1947 р. він

Плями на Сонці, вивченням яких займався М. Козирєв





Центральна частина місячного кратера Альфонс, де Козирєв зареєстрував викид вулканічних газів

захистив докторську дисертацію на тему «Джерела зоряної енергії й теорія внутрішньої будови зірок» і став одним із провідних співробітників Кримської астрофізичної обсерваторії АН СРСР, а в 1958 р. знову повернувся в Пулково.

В 50-х рр. 20 століття Козирєву вдалося здійснити ряд відкриттів, які зробили його ім'я відомим усьому науковому світу. Методами спектрального аналізу йому вдалося виявити в атмосфері Венери присутність молекулярного азоту, що в той час вважалося ознакою наявності органічного життя. Козирєв одержав спектрограми місячного кратера Альфонс, які підтверджували, що із центральної височини кратера виділяється газ — явна ознака наявності вулканічної активності на Місяці. Учений передбачив відсутність магнітного поля в нашого супутника за кілька років до перших космічних експедицій до Місяця, а в 1959 р. виміри, виконані космічним апаратом «Луна-1», повністю підтвердили його висновки. Розробляючи теорію планетного вулканізму, Козирєв припустив, що в центрі планет типу Юпітера повинні існувати надвисокі — до 200

Кратер діючого вулкана на супутнику Юпітера Іо

тисяч градусів — температури, що також знаходить підтвердження в сучасних дослідженнях.

В останні роки життя вчений віддав багато сил розробці оригінальної теорії, що описує поведінку фізичного часу. Козирєв поставив під сумнів застосовність відомих нам фізичних законів для пояснення явищ зоряного світу. Він міркував так: якби ці закони діяли у Всесвіті, наслідком їх була б його «теплова смерть» — зникнення всіх видів енергії. Однак ніяких ознак наближення «теплової смерті» поки не виявлено, а це означає, що в природі існують постійно діючі сили, що перешкоджають їй. Такою силою Микола Козирєв вважав час, що має спрямованість, а виходить, може здійснювати роботу й виробляти енергію.

ЦІКАВО

Теорія Миколи Козирєва — він назвав її «Причинною механікою» — дотепер не знайшла експериментального підтвердження. Зате ще за життя вченого (в 1979 р.) американські міжпланетні станції «Вояджер-1» і «Вояджер-2» при прольоті крізь систему Юпітера зареєстрували на супутнику Іо вісім діючих вулканів. Передбачення Козирєва про значну поширеність у Сонячній системі планетного вулканізму збулося. Йому ж належить і пояснення того, як можуть виникати вулкани не тільки на планетах, але й на невеликих космічних тілах.

Кримська астрофізична обсерваторія — один із найбільших наукових центрів України. На початку 50-х років минулого століття тут працював М. Козирєв

НАСІННЯ ЖИТТЯ

Відомий британський астрофізик і астроном Фред Хойл (1915—2001 рр.), незважаючи на те, що носив аристократичний титул «сер», найбільше був схожий на простого робітника — міцну, упевнену в собі і своїй справі людину. Він був із тих людей, хто щиро насолоджується улюбленою справою, а цих справ у нього було дві — астрофізика й література. Крім чудових наукових досягнень Хойл залишив нащадкам два десятки відмінних книг — розумних і глибоких науково-фантастичних романів. Він був учнем і соратником великих учених, а його ім'я пов'язане з такими поняттями, як «Великий Вибух» — саме Хойл першим жартома назвав так момент народження Всесвіту — і «сфера Шварцшильда», про яку ми ще розповімо в цій книзі. Він був учасником найзапекліших суперечок між астрономами 20 століття, а нові ідеї приходили йому в голову куди частіше, ніж його колегам.

Фред Хойл

ДИВО-ХЛОПЧИК З ЙОРКШИРУ

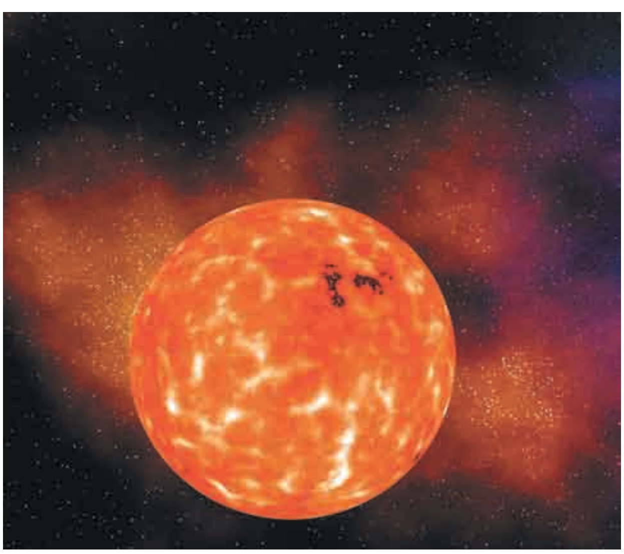
Фред Хойл народився в містечку Бінглі в англійському графстві Йоркшир у родині торговця вовною. Йому не виповнилося й десяти, коли він зацікавився зірками і став вивчати небо. Немов граючись Фред закінчив школу, продовжив навчання в коледжі Еммануеля в Кембриджі, віддавши перевагу точним наукам. Фізики він учився у великого Поля Дірака, що передбачив існування антиречовини.

У 1939 р. Фред Хойл закінчив університет із відзнакою з математики. З початком Другої світової війни молодий учений взяв участь у розробці перших систем радіолокації, а в 1944 р. побачила світ його спільна робота з австрійським фізиком Германом Бонді, що емігрував в Англію, про падіння міжзоряної речовини на поверхню зірок. А ще через чотири роки він опублікував свою знамениту теорію стаціонарного Всесвіту, суперечки навколо якої не вщухали протягом десятиліть.

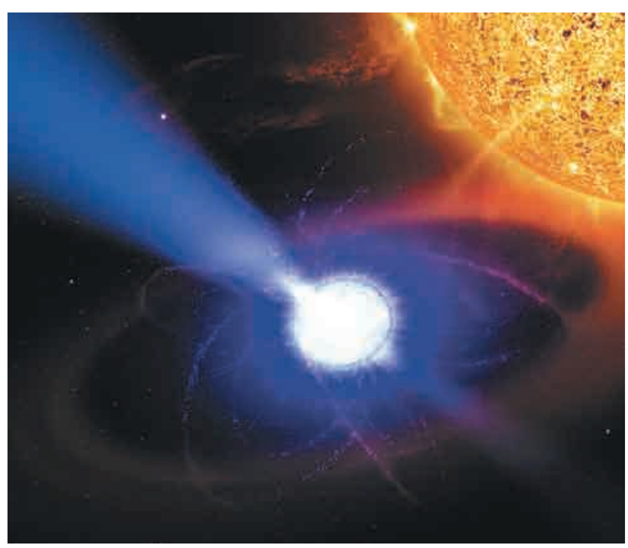
Буквально за кілька років Фред Хойл став одним із найвідоміших астрофізиків у світі: на його рахунку були теорія, що пояснює народження зірок і галактик, дослідження «останніх днів» і «смерті» зірок, математичні описи різних процесів, що відбуваються в надрах зірок на різних етапах їхнього існування. Майже кожна робота вченого відкривала новий напрямок у науці про Всесвіт.

За свою довгу наукову кар'єру Фред Хойл удостоївся практично всіх престижних нагород

Останні години життя зірки — «червоного гіганта»



Усе, що залишилося від зірки, у надрах якої закінчилося «пальне»



академій і наукових товариств — у тому числі й премії Шведської академії «за внесок у дослідження еволюції зірок». За внесок у науку Фред Хойл у 1972 р. був удостоєний лицарського звання.

УСЕСВІТ, ЩО НАРОДЖУЄ СЕБЕ

Славу Хойлу принесла модель стаціонарного, тобто стійкого Всесвіту, створена наче всупереч теорії Великого Вибуху. У той час багато фізиків і філософів не хотіли сприймати ідею про народження Всесвіту, адже при цьому неминуче виникає питання: «А що було до того, як він народився?». Було і ще одне протиріччя: до 1950 р. відстані до галактик «що тікають», вважалися значно меншими, і простий розрахунок показував, що Великий Вибух повинен був відбутися в ті часи, коли Земля вже існувала. Чого, зрозуміло, не могло бути.

Фред Хойл запропонував вихід із цього тупика. Він заявив: «Розширення Всесвіту відбувається, але початку в нього не було. Він розширюється вічно!» Як це розуміти? Якщо розширення відбувається вічно, то простір навколо Землі давним-давно повинен бути порожнім. Тоді Хойл і його колеги Бонді й Голд припустили, що в космічній порожнечі постійно відбувається мимовільне народження речовини в такій кількості, що середня щільність Всесвіту завжди залишається однією і тією ж. Із цієї речовини формуються нові зірки й галактики, що заповнюють проміжки між старими, які розлітаються.

Гарна теорія, але поява речовини з нічого з точки зору класичної фізики неможлива. Однак висновки Хойла пояснювали багато фактів, які не вкладалися в теорію Великого Вибуху. Лише в 60-ті роки 20 століття з'явилися докази правоти прихильників

ЦІКАВО

«Уявіть собі, — писав у 1983 р. Фред Хойл у своїй книзі «Розумний Всесвіт», — що на величезному смітнику безладно розкидані деталі авіалайнера «Боїнг-747», розібраного до останнього гвинтика. І от налетів ураган, пройшовся по смітнику, перемішав і закрутив увесь цей «металобрухт». Отож: шанси на те, що після цього на смітнику буде стояти новенький «Боїнг», готовий відправитися в політ, набагато менші, ніж шанс випадково «змонтуватися» з випадкових «молекул-цеглинок» у найпростіші живі клітини». При цьому Хойл педантично підрахував, що число елементів, що входять в одну-єдину клітину, приблизно дорівнює кількості деталей сучасного авіалайнера.

У 2005 році американський космічний апарат «Діп Імпакт» , запущений до комети, скинув на поверхню її головної частини зонд, що являв собою просто мідну болванку. При зіткненні утворилася величезна кількість пилоподібної речовини, у якій була виявлена вода і безліч органічних сполук. Із цього часу комети вважаються одним із можливих «носіїв життя» у Всесвіті

«Всесвіту, що вибухає», але й тоді Хойл не відступив, винаходячи все нові докази на підтримку своєї теорії — і тим самим даючи стимул своїм супротивникам для нових і більш глибоких досліджень.

ЖИТТЯ СТВОРЮЄТЬСЯ ЖИТТЯМ

Фред Хойл був переконаним прихильником теорії «панспермії». Недарма його прозвали «Великим інакомислячим». А виникла вона так. На початку 70-х років 20 століття разом зі своїм колишнім студентом Чандрою Вікрамасінгом вивчав властивості міжзоряної речовини — газів і твердих часток. Склад цих «космічних порошин» дотепер залишається загадкою, але Хойл установив, що вони поглинають інфрачервоне випромінювання так, як органічні речовини, зокрема — висушені бактерії. На цій основі виникла теорія «панспермії» — заселення планет із космосу. Тобто, на думку вченого, існувало якесь єдине джерело життя у Всесвіті, звідки воно поширилося по його просторах. Крім того, проаналізувавши швидкість еволюції живих організмів на Землі, Хойл дійшов висновку, що її швидкість занадто мала, щоб створити за кілька мільярдів років досконалі живі організми.

ЛЮДИНА «ПЕРШИХ ТРЬОХ ХВИЛИН»

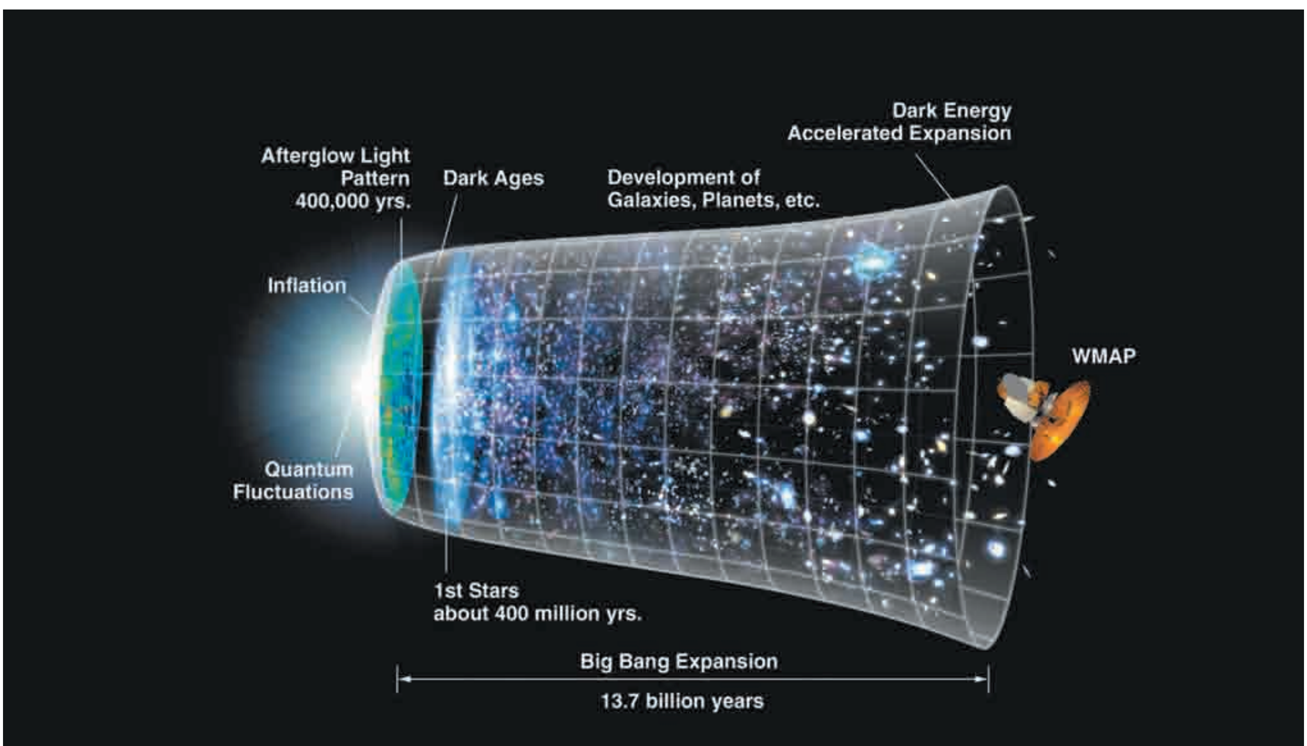
«Він не вмів ні писати, ні рахувати. Він не одразу сказав би вам, скільки буде сім на вісім. Але його розум був здатний охопити весь Всесвіт». Так охарактеризувала видатного астрофізика й фізика-теоретика Георгія Гамова (1904—1968 рр.) британський астроном Віра Рубін. Це, звичайно, перебільшення. Гамов не тільки вмів писати, але й був автором науково-популярних книг, які витримали десятки видань і продовжують перевидаватися сьогодні. І математиком він був зовсім непоганим. Зате його науковій інтуїції та вродженому «відчуттю природи» колеги могли тільки заздрити — вони були неперевершеними. Універсальний учений, що в 20 столітті було великою рідкістю, Гамов здобув світову популярність своїми роботами з квантової механіки, ядерної фізики, астрофізики, космології, біології. Він першим пов'язав ядерну фізику із проблемами «життя» зірок і став основоположником теорії «гарячого Всесвіту».

ГЕОРГІЙ І ДЖОРДЖ

Георгій Гамов народився в Одесі 4 березня 1904 р. у вчительській родині. Мати його походила з відомого в минулому в Україні роду Лебединцевих, що займали видні пости в церковній ієрархії, а предки батька були військовими. Батько вітав захоплення Георгія природничими науками, тому після закінчення школи в 1921 р. він вступив на математичне відділення фізико-математичного факультету Новоросійського (Одеського) університету й одночасно почав працювати обчислювачем в Одеській астрономічній обсерваторії. Але вже в 1922 р. Гамов вирішив перевестися на фізико-математичний факультет Петроградського університету, що був найбільшим фізичним центром того часу. Там він захопився загальною теорією відносності, і в 1924 р. науковим керівником Гамова став Олександр Фрідман, що незабаром передчасно помер. Серед його друзів і однодумців у той час були Дмитро Іваненко, Лев Ландау, Віктор Амбарцумян — згодом учені зі світовим ім'ям.

У 1926 р. Георгій Гамов вступив до аспірантури, а через два роки відправився до Німеччини на стажування в групу теоретиків видатного німецького фізика Макса Борна. Там йому вдалося вперше пояснити альфа-розпад атомних ядер на основі квантової теорії й оцінити істинні розміри ядер атомів. Успіх двадцятичотирьохрічного теоретика зробив його ім'я широко відомим на Заході. Ще рік Гамов пропрацював у Копенгагені в Нільса Бора, водночас відвідуючи найбільші наукові центри Європи — Лейден у Німеччині та Кембридж в Англії.

За сучасними уявленнями, Всесвіт відразу після Великого Вибуху перебував у надзвичайно щільному й гарячому стані — його називають «космологічною сингулярністю»



Георгій (Джордж) Гамов

У 1933 р. Гамов був призначений представником на фізичному конгресі в Брюсселі і відмовився повертатися до СРСР. Із цього часу він жив і працював у Франції, в Англії, а з 1934 р. — у США. Відтепер усі свої публікації вчений підписував як Джордж Гамов.

ЕНЕРГІЯ ЗІРОК

Продовжуючи теоретичні роботи в галузі ядерної фізики, у 1940 р. Гамов разом із Едвардом Теллером, майбутнім «батьком» водневої бомби, створив теорію еволюції зірок на основі припущення, що їхня енергія виникає в ході термоядерних реакцій. Учений досліджував «всесвітні катастрофи» — спалахи нових і наднових зірок, а також будову зірок класу «червоні гіганти». Як і Альберту Ейнштейну, в роки Другої світової війни Гамову не довелось брати участь у створенні атомної бомби — обох видатних учених вважали «неблагонадійними іноземцями». Однак над водневою бомбою йому довелося попрацювати разом зі своїм старим приятелем Е. Теллером. А в 1946 р. вчений, не втративши інтересу до космології, запропонував знамениту модель «гарячого Всесвіту», за якою слідувала теорія походження хімічних елементів і передбачення існування реліктового випромінювання, яке

«Вежа Гамова» — цю назву носить один із корпусів університету Колорадо в місті Боулдер, у якому в останні роки життя працював учений

виникло ще на ранніх етапах після Великого Вибуху. У 1965 р. це випромінювання було виявлено, що підтвердило обґрунтованість теорії. Гамов і його співробітники були першими дослідниками, які всерйоз зацікавилися «першими трьома хвилинами» існування нашого світу.

ЦІКАВО

Георгій Гамов протягом усього життя цікавився найбільш фундаментальними питаннями світобудови. В астрономії й біології їх два — походження Всесвіту й походження органічного життя. Не дивно, що в 1954 р., після відкриття структури молекули ДНК, саме Гамов першим поставив перед наукою проблему генетичного коду й припустив, що спадкоємні ознаки живих істот, що передаються від покоління до покоління, зашифровані в послідовності з чотирьох нуклеотидів — амінокислот, які входять до складу молекули ДНК. Це припущення лише через сім років одержало підтвердження в експериментах, а в 1967 р. генетичний код був остаточно розшифрований.

ВСЕСВІТ НАРОДЖУЄТЬСЯ... СЬОГОДНІ

Одним із найвидатніших астрофізиків сучасності був Віктор Амбарцумян (1908—1996 рр.). Учений найширшого кругозору і надзвичайного наукового довголіття, він опублікував першу серйозну роботу з дослідження сонячних факелів у 18 років і навіть у віці 85 років продовжував керувати заснованою ним Бюраканською астрофізичною обсерваторією. Серед досягнень Віктора Амбарцумяна — праці з фізики зірок і газових туманностей, дослідження зоряних систем, позагалактичної астрономії й космогонії. Саме йому ми зобов'язані уявленням про реальний вік Всесвіту в 14—15 мільярдів років. Адже до робіт Амбарцумяна в науці панувала інша точка зору: вік Всесвіту вважався ледь не в сто разів більшим.

ВІД СОНЯЧНИХ ФАКЕЛІВ ДО МОЛОДИХ ЗІРОК

Віктор Амбарцумян народився у Тбілісі в родині відомого вірменського філолога й письменника. Уже в шістнадцять років він вступив на фізико-математичний факультет Ленінградського педагогічного інституту, а через рік перейшов у Ленінградський університет. У 1926 р. Амбарцумян опублікував першу наукову працю, а по закінченні університету став аспірантом, а потім і співробітником Пулківської обсерваторії.

Він був молодим, сповненим енергії і як ніхто вмів застосовувати математичні методи для аналізу загадкових процесів, що відбуваються за тисячі світлових років від нашої планети. У 1932 р. у журналі Лондонського королівського астрономічного товариства вчений опублікував статтю «Про променисту рівновагу газових туманностей», що увійшла в золотий фонд сучасної астрономії. Із цієї роботи почалася ціла серія робіт Амбарцумяна, присвячених фізиці газових туманностей — загадкових утворень у Всесвіті, які поводилися зовсім по-різному: то відбивали світло, то поглинали його, то випромінювали самі. Ці роботи допомогли зрозуміти багато складних процесів в еволюції зірок і дозволили астрономам виявляти ознаки, що провіщають зміни їхнього стану.

Бюраканська астрофізична обсерваторія

Віктор Амбарцумян

У 1934 р. Амбарцумян заснував і очолив першу в СРСР кафедру астрофізики в Ленінградському університеті і став директором університетської обсерваторії. У роки Другої світової війни він був евакуйований у Єреван, де став одним із творців Академії наук Вірменії, а в 1946 р. заснував на схилі гори Арагац Бюраканську астрофізичну обсерваторію.

ЗАДАЧА ЕДДІНГТОНА

У 1936 р. Амбарцумян розв’язав задачу, поставлену знаменитим англійським ученим Артуром Еддінгтоном. Мова йшла про визначення просторових швидкостей зірок на основі їхніх радіальних швидкостей. Це рішення стало основою для досліджень взаємовідносин зірок, що входять у зоряні системи. Саме тоді вчений визначив вік нашої Галактики і вступив із цього приводу в су-

ЦІКАВО

Цікаво, що задачу Еддінгтона, яку в 1936 р. розв'язав Віктор Амбарцумян, у середині 70-х років минулого століття розв'язали ще раз учені з далекої від астрономії галузі знань — інженер-електрик Годфрі Хаунсфілд і фізик Алан Кормак, які не мали уявлення про те, що рішення давним-давно існує. І скористалися вони рішенням зовсім інакше: для створення... комп'ютерної томографії. У 1979 р. Хаунсфілду і Кормаку була присуджена Нобелівська премія з фізіології й медицини.

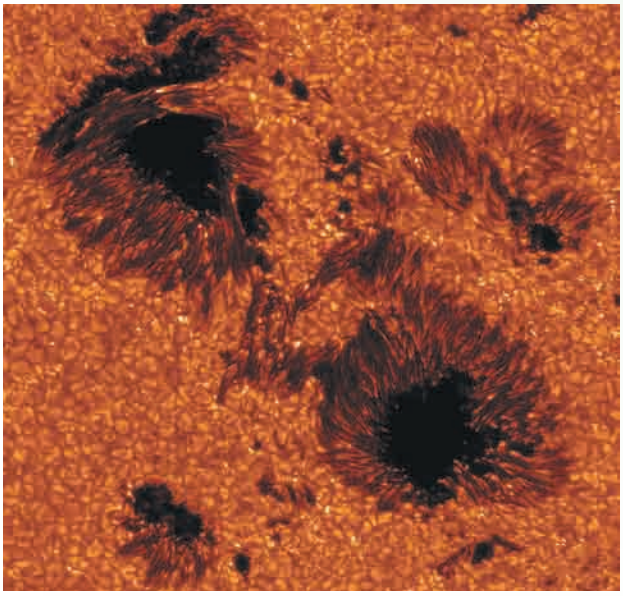
Туманність «Ангел» «ширяє» над площиною нашої Галактики, випромінюючи блакитнувате світіння — відбите світло сусідніх зірок

перечку з відомим астрономом Джеймсом Джинсом, з якої вийшов переможцем. А заодно привів переконливі докази помилковості теорії утворення Сонячної системи Джинса.

За цим вийшла серія робіт Амбарцумяна, присвячена природі міжзоряної матерії, у якій учений довів, що поглинання світла в міжзоряному просторі пов'язане з існуванням численних пилових туманностей — поглинаючих хмар.

Зібравши й проаналізувавши величезну кількість астрономічних даних, Амбарцумян відкрив існування зоряних систем нового типу — так званих «зоряних асоціацій». Ці молоді за мірками Всесвіту, сповнені енергії утворення, які стрімко розширюються, свідчили, що процеси народження нових зірок тривають і зараз, причому зірки народжуються не поодинці, а «групами» і їхньому народженню передує існування загадкових масивних тіл — протозірок.

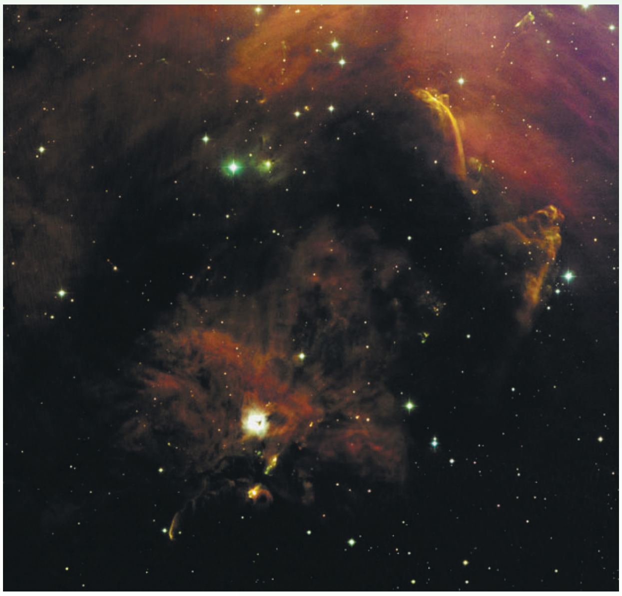
Сонячні факели — яскраві поля, які часто оточують плями на Сонці. Ним були присвячені перші наукові праці В. Амбарцумяна



У Бюраканській обсерваторії, яка в 60—70-х роках 20 століття стала найбільшим центром вивчення Всесвіту, Амбарцумян багато років присвятив дослідженню галактик — величезних зоряних систем, подібних до нашої Галактики Чумацький Шлях. Його увагу привертали грандіозні явища, що відбуваються в ядрах галактик, у яких, як вважав учений, криється розгадка багатьох таємниць природи.

Протягом багатьох років Віктор Амбарцумян був віце-президентом і президентом Міжнародного астрономічного союзу, членом Академій наук двадцяти країн світу, його наукові заслуги відзначені Золотою медаллю імені Михайла Ломоносова і Золотою медаллю Лондонського королівського астрономічного товариства.

Туманність Оріон А — місце народження молодих зірок

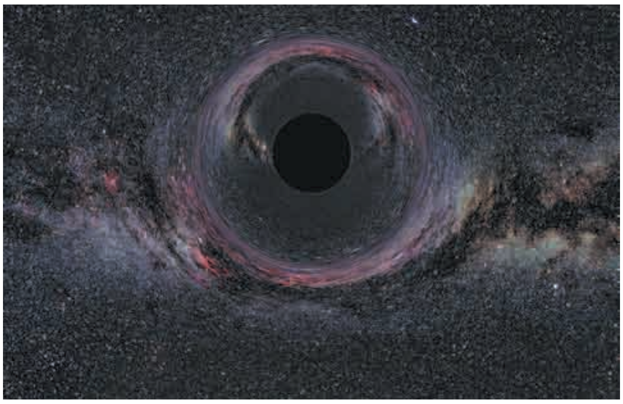


У ГЛИБИНАХ ПРОСТОРУ-ЧАСУ

Англієць Стівен Хокінг — один із найвпливовіших і найвідоміших космологів другої половини 20 століття. На його рахунку чимало відкриттів і незвичайних теорій. Тим, хто цікавиться астрономією, він відомий насамперед своїми науково-популярними книгами «Коротка історія часу» та «чорні діри, молодий Всесвіт й інші нариси», які стали в наші дні бестселерами.

Стівен Вільям Хокінг народився 8 січня 1942 р. (у трьохсоту річницю від дня смерті Галілео Галілея) в Оксфорді. Уже у вісім років Стівен вибрав свій шлях — він хотів займатися математикою, але в Оксфордському університетському коледжі, куди він вступив після школи, одержати чисто математичну освіту було неможливо, і тоді він почав займатися фізикою і космологією. Через три роки він одержав перший науковий ступінь і перейшов у Кембридж, мріючи про те, щоб його науковим керівником став Фред Хойл. Завдяки оригінальним науковим працям Хокінг незабаром обійняв незвичайну посаду — став так званим Лукасіанським професором математики. Цей пост був заснований у 1663 р. на кошти священика Генрі Лукаса, і одним із перших його обіймав Ісаак Ньютон.

Стівен Хокінг



«Чорна діра» — одна з найзагадковіших областей простору-часу

Стівен Хокінг досліджує фундаментальні закони, які управляють нашим Всесвітом — від моменту Великого Вибуху до зникнення матерії й інформації в загадкових «чорних дірках». Поєднавши загальну теорію відносності з квантовою теорією, вчений зробив найважливіше відкриття — йому вдалося довести, що Всесвіт не має кінця або обмежень у часі. Це також означає, що процес народження Всесвіту визначався тими законами природи, які діють і зараз. Більшість робіт Хокінга присвячені структурі простору й часу, гравітації, проблемі «чорних дір».

Британський учений є володарем дванадцяти почесних учених звань, членом Королівського наукового товариства і Національної академії наук США.

ЦІКАВО

Біографія видатного вченого нібито звичайна, якщо не знати того, що у віці двадцяти двох років, під час роботи над дисертацією, Стівен Хокінг був практично повністю паралізований — у нього розвинулася невиліковна форма аміотрофічного склерозу, і він залишається в такому стані вже більше сорока років. Рухливість зберігають тільки пальці його правої руки, якими він управляє своїм комп'ютеризованим кріслом і комп'ютерним синтезатором мови, за допомогою якого спілкується з оточуючими і навіть читає публічні лекції.

Усе, що Стівену Хокінгу вдалося зробити в науці за чотири десятиліття,— свідчення блискучої перемоги розуму й інтелекту над стражданнями, безпорадністю й розпачем. Це не тільки науковий, але й людський подвиг.

БАЧИТИ Й РОЗУМІТИ

Із найдавніших часів у людини, яка досліджувала і пізнавала природу, було два основні способи дії — спостереження й експеримент. Однак астрономи протягом тисячоліть не могли й мріяти про експерименти, адже ті об'єкти, які їх цікавили, перебували неймовірно далеко й були недосяжні. Мимоволі дослідникам Всесвіту доводилося створювати й удосконалювати все нові засоби «дистанційного пізнання» — різні інструменти, які дозволяли не просто вести спостереження за небесним тілом або явищем, але й визначати відстань, положення на небосхилі, фіксувати розміри об'єкта, його кольори, силу світла, яке він випромінює, і багато інших параметрів.

Але й цього недостатньо — для того щоб спостереження мали наукову цінність, вони повинні бути оброблені й приведені в систему. Тому астрономія ще в Шумері й Стародавньому Єгипті була нерозривно пов'язана з математикою і найчастіше «підштовхувала» розвиток цієї науки. Недарма Галілео Галілей говорив, що книга природи написана мовою математики, і щоб її прочитати, потрібно досконало володіти цією мовою.

За кілька тисячоліть астрономія пройшла величезний шлях від найпростіших кутомірних інструментів до космічних телескопів і приладів, здатних на Землі вловити випромінювання від сірника, запаленого на Місяці. Сучасні астрономи навчилися спостерігати за процесами, що відбуваються на відстані декількох десятків мільйонів світлових років від Сонячної системи, у надрах зірок і галактик. Однак чим могутнішими й досконалішими стають інструменти науки, чим більше інформації про Всесвіт накопичується в комп'ютерних сховищах, тим більше виникає питань, на які вчені прагнуть одержати відповіді.

ІНСТРУМЕНТИ АСТРОНОМІВ АНТИЧНОСТІ Й СЕРЕДНЬОВІЧЧЯ

Художники люблять зображувати астрономів біля телескопа. Але телескоп був винайдений лише на початку 17 століття, а історія спостережень за небесними світилами до цього часу нараховувала не один десяток століть. Астрономи минулого зробили видатні відкриття й навчилися за допомогою зору й найпростіших приладів домагатися високої точності вимірів.

Астрономічні прилади давнини були в основному кутомірними інструментами. Адже визначити положення планети або зірки на небосхилі можна тільки одним способом — вимірявши кут між світилом і горизонтом, і вказавши напрямок на ту точку горизонту, до якої, умовно кажучи, світило «прив'язане».

ЄГИПЕТСЬКИЙ «ВКАЗІВНИК»

Найдавнішим астрономічним інструментом вважається гномон (у перекладі і грецької — «вказівник»). Будова його дуже проста — гномоном може служити увіткнута в землю тичина, одиночна колона, обеліск або будь-який інший вертикальний предмет. Єдина умова — висота гномона повинна бути точно відома тому, хто проводить спостереження й виміри. По найменшій довжині тіні, яку відкидає гномон, можна визначити кутову висоту сонця опівдні, обчисливши кут у прямокутному трикутнику, утвореному тичиною, тінню і прямою, проведеною від верхнього кінця гномона до кінця тіні. Значення цього кута є географічною широтою даної місцевості. Напрямок тіні в цей момент точно вкаже на північ, а сама тінь стане наче частиною земного меридіана. За допомогою цього приладу можна точно визначити настання полудня — для цього потрібно зафіксувати момент, коли тінь гномона буде найкоротшою.

Точність вимірів за допомогою гномона сильно залежить від його розмірів — чим більший гномон, тим точніші результати. Однак він не підходить для виміру кутової висоти зірок і планет — їхнє світло занадто слабке.

Кам'яний гномон, встановлений біля житла жерця одного з лісових племен острова Борнео

«ПОСОХ ЯКОВА»

«Посох Якова» — також один із перших інструментів для астрономічних спостережень, що служив для виміру кутів. З'явився він у 4 столітті до нашої ери і був відомий на Близькому Сході, у Китаї, Індії і Європі. Цей інструмент являв собою стрижень із поділками, по якому переміщувалася поперечна планка з отвором або щілиною на кінці — діоптром. Стрижень приставляли до очей і направляли на лінію горизонту. Потім пересували планку доти, доки та чи інша зірка не співпадала з діоптром. Спостерігач відмічав положення рухомої планки на стрижні й за допомогою спеціальної таблиці визначав кут між горизонтом і світилом.

Так користувалися «посохом Якова»

Трикветрум Миколая Коперника

Так користувались трикветрумом середньовічні астрономи

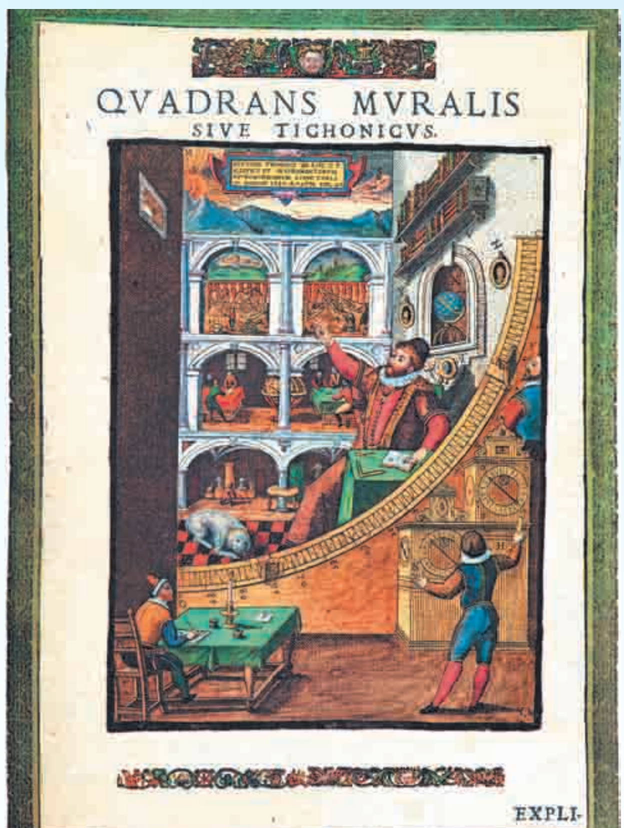
Трохи складнішим був трикветрум — інструмент, що складався із трьох рухомо з'єднаних стрижнів, які утворювали рівнобедрений трикутник. На стрижень, розташований біля основи трикутника, наносили поділки, за допомогою яких визначали кут між двома світилами або між світилом і обрієм. Трикветрумом користувалися навіть у часи Коперника. За допомогою цих найпростіших інструментів були відкриті такі складні й тонкі явища, як періодичні зміни нахилу земної осі під впливом притягання Сонця й Місяця — прецесія.

НЕЗАМІННИЙ КВАДРАНТ

Квадрант спорудити нескладно. Якщо в центрі квадрата з міцного матеріалу вирізати велике коло, а потім розрізати квадрат на чотири частини, то ми одержимо відразу чотири квадранти. Тепер достатньо встановити одну з частин увігнутим боком до небосхилу, а в центрі закріпити діоптр — і астрономічний інструмент для визначення висоти світил готовий. Четвертинка кола розділена на 90 поділок — градусів. Відмічаючи на ній те місце, з якого видно зірку або планету, що проходить через небесний меридіан, одержимо її кутову висоту.

Чим більше розміри квадранта, тим точніші спостереження, що здійснюються з його допомогою — адже при збільшенні розмірів кожен градус окружності можна розділити не тільки на хвилини, але й на секунди. Саме тому арабські і європейські астрономи прагнули створювати максимально великі квадранти. Інструмент великого арабського астронома ал-Біруні мав радіус 7,5 м, а гігантський квадрант обсерваторії Улугбека в Самарканді — 40,2 м! Саме завдяки точності цих інструментів були створені найдетальніші астрономічні таблиці, якими користувалися вчені протягом декількох століть.

Великий стінний квадрант датського астронома Тихо Браге (1546—1601 рр.). У центрі зображений сам астроном



«ЗБИРАЧІ СВІТЛА»

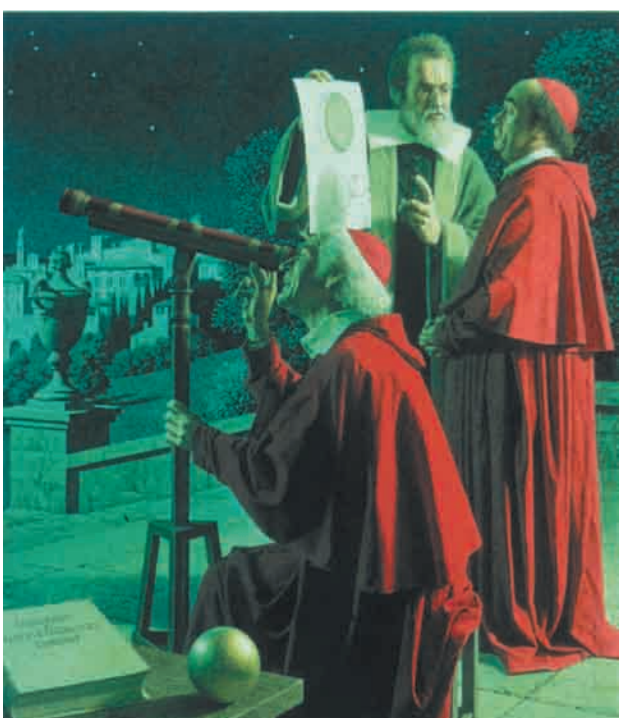
Людське око — надзвичайно досконалий інструмент, століттями він успішно служив для астрономічних спостережень. І все-таки його чутливості недостатньо для спостереження за небесними об'єктами, що слабко світяться — а їх насправді величезна кількість. Створення телескопа здійснило справжню революцію в астрономії — виявилося, що Всесвіт влаштований набагато складніше, ніж уявлялося вченим давнини.

Не варто думати, що головна властивість телескопа — «збільшувати» видимі розміри предметів. Насправді його основне завдання — зібрати якнайбільше світла від небесних тіл. Чим більший діаметр об'єктива телескопа, тим більше світла він здатен зібрати, і тим слабкіші світні об'єкти у Всесвіті можна розрізнити з його допомогою.

ГАЛІЛЕЄВА ТРУБА

За традицією вважається, що телескоп винайшов Галілео Галілей. Насправді великий учений тільки вдосконалив винахід голландця Ханса Ліпперсхея, що з'явився у 1608 р., а назва «телескоп» дана грецьким математиком Іоанном Демісіані в 1611 р., коли він ознайомився з інструментом Галілея. Результати застосування навіть найпростіших оптичних телескопів були просто разючими — були відкриті гори на Місяці, плями на Сонці, супутники Юпітера, окремі зірки в Чумацькому Шляху.

Галілей демонструє свій телескоп кардиналам



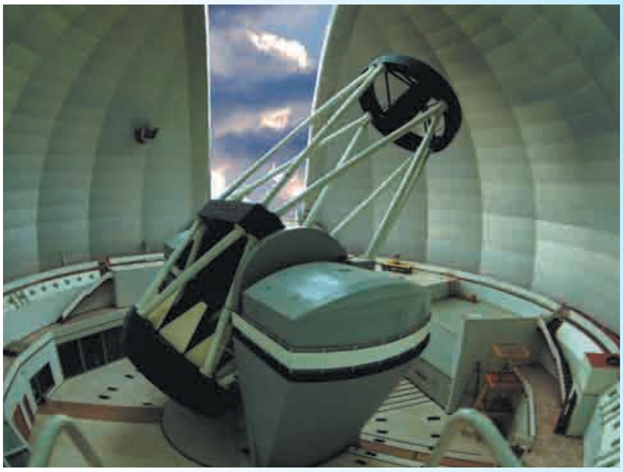
Копія телескопа Галілея поряд із сучасним рефрактором

Телескоп Галілея, як і всі подібні інструменти в майбутньому, складався із двох частин. Об'єктив — оптична лінза — збирав світло, а отримане зображення дослідник розглядав через окуляр — свого роду лупу, що дозволяє збільшити зображення. Так, другий телескоп, побудований Галілеєм, збільшував зображення небесних тіл у 34 рази. Оптичні інструменти, у яких зображення отримується за допомогою збиральної лінзи, називаються рефракторами — від латинського слова «рефракціо», що означає «заломлюю».

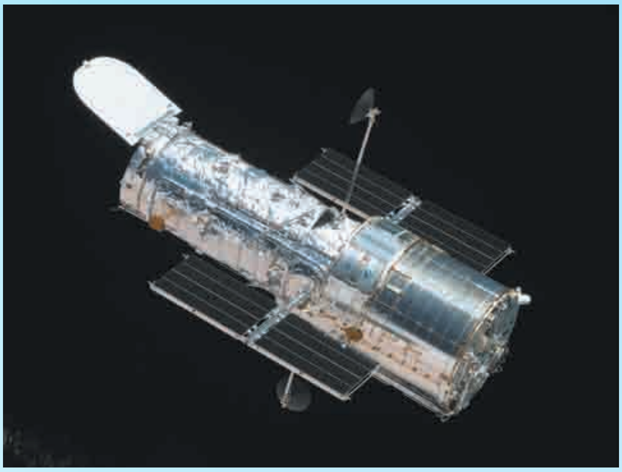
У телескопів-рефракторів був один серйозний недолік — не вдавалося сильно збільшити розміри об'єктива, тому що великі та якісні лінзи виготовляти дуже важко. До того ж з'ясувалося, що лінзи телескопів по-різному заломлюють промені різних кольорів, через що в зображеннях з'являються перекручування — аберації. Щоб позбутися цього, конструкції довелося ускладнювати, застосовуючи складові лінзи. Значно заважала астрономам і земна атмосфера, яка перекручувала спостереження. Щоб не залежати від стану атмосфери й погоди, астрономічні обсерваторії почали будувати в горах, де повітря прозоре більшу частину року.

НЬЮТОНОВЕ ДЗЕРКАЛО

Щоб позбутися кольорової аберації, близько 1667 р. Ісаак Ньютон запропонував принципово іншу схему телескопа — у його інструменті світло збирала не лінза, а увігнуте (параболічне) дзеркало. Пучок променів потім направлявся на маленьке плоске дзеркальце, розташоване у фокусі великого дзеркала, а звідти — в окуляр. Виготовлення «увігнутих» дзеркал технічно простіше, і це відразу ж дозволило збільшити розміри і збільшувальну здатність



ВТА (Великий Телескоп Альт-Азимутальний) — найбільший російський рефлектор



Космічний телескоп «Хаббл», названий на честь видатного американського астронома. Діаметр його об'єктива «усього» 2,4 м, але через відсутність атмосфери на орбіті, по якій рухається цей унікальний космічний апарат, його відтворювальна здатність у 10 разів вища, ніж у подібного телескопа на Землі

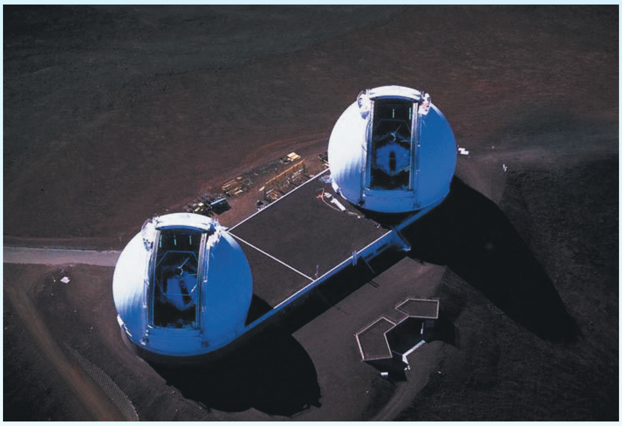
телескопів. І в наші дні більшість оптичних телескопів, у тому числі й найбільші у світі, є рефракторами.

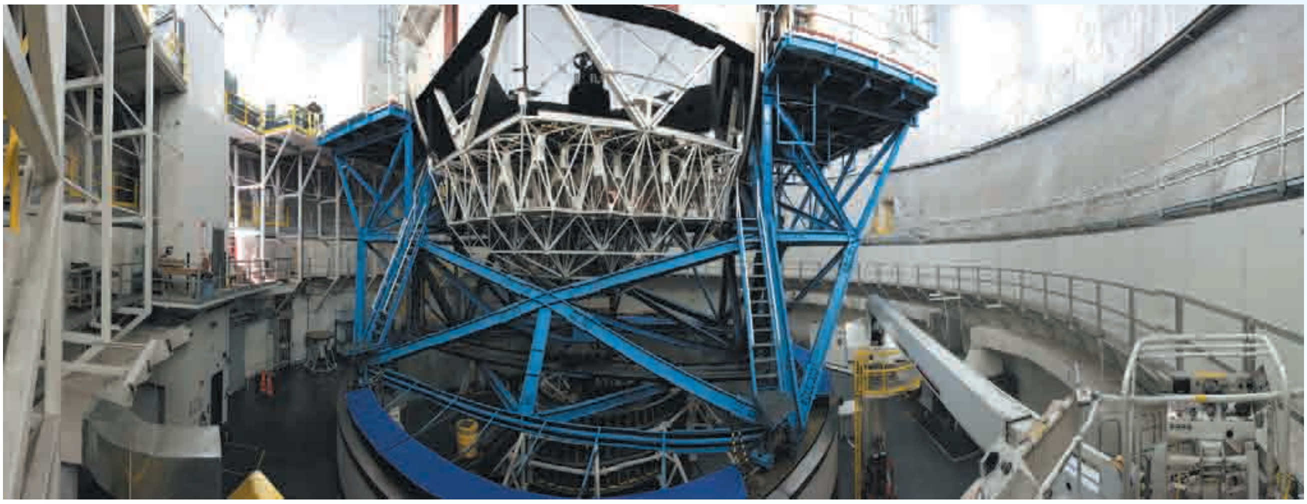
Найбільші обсерваторії змагаються між собою, створюючи гігантські інструменти і нарощуючи розміри їхніх дзеркал. Сучасний рефлектор — найскладніша конструкція, яка займає цілий будинок і керується безліччю комп'ютерів.

Найпотужніший телескоп у Євразії побудований у Росії — він розташований на Північному Кавказі біля станиці Зеленчуцької. Діаметр його головного дзеркала складає 6 м. Воно має масу близько 70 т, а процес його виготовлення зайняв більше двох років.

Але «королем» всіх астрономічних інструментів, розташованих на Землі, сьогодні є Великий Канарський телескоп, побудований на одному з Канарських островів за участю вчених трьох стран — Мексики, Іспанії і США. Його головне дзеркало має діаметр 10,4 м. Він здатен «розрізнити» у міжзоряному просторі об'єкти навіть в мільярд разів слабші, ніж людське око.

Обсерваторія імені Кека, що розташована на горі Мауна-Кеа (4145 м) на Гавайських островах. В обсерваторії Кека встановлено два телескопи, діаметр первинних дзеркал яких складає 10 м. Ці телескопи входять до числа найбільших у світі





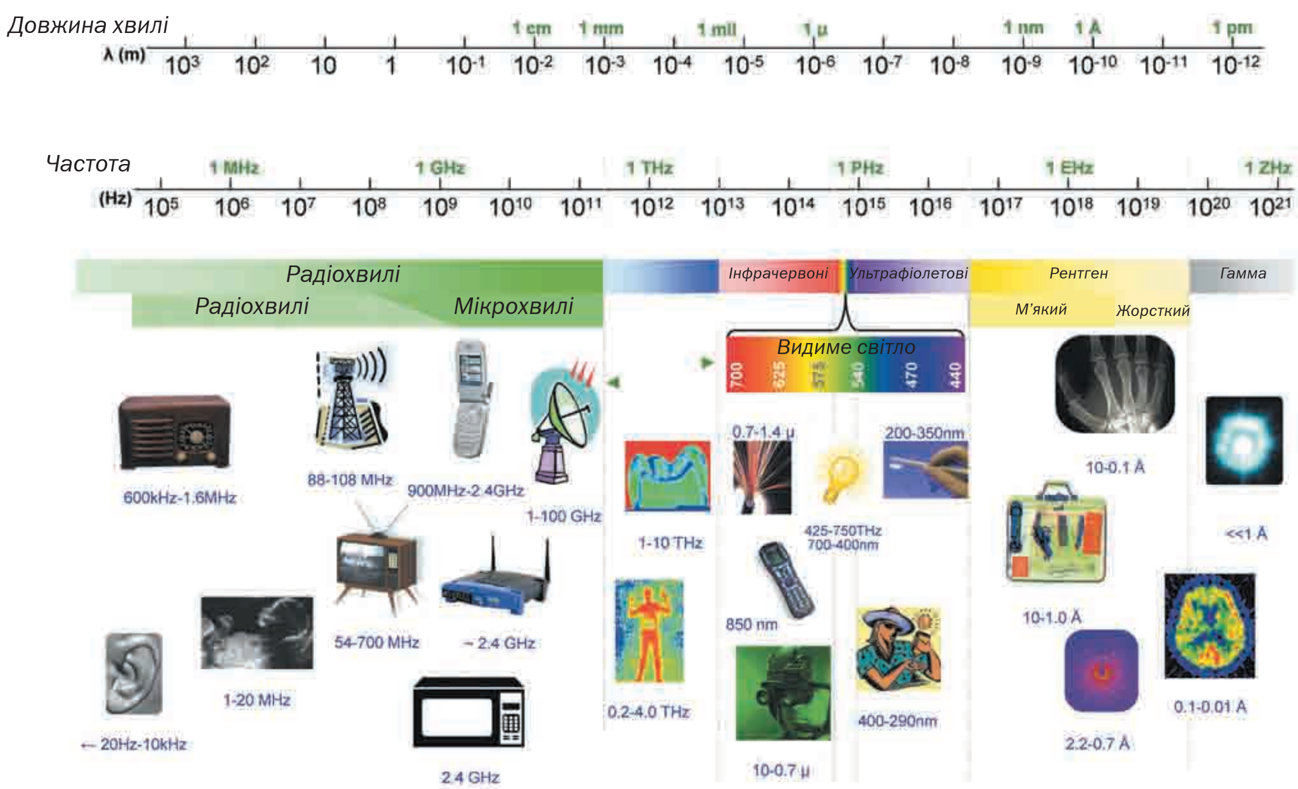
ПРОГУЛЯНКИ ПО СПЕКТРУ

Розклавши сонячне світло за допомогою призми, Ісаак Ньютон установив, що воно складається із суміші променів різних кольорів — червоного, жовтогарячого, жовтого, зеленого, блакитного, синього, фіолетового. Саме в такому порядку вони утворюють спектр сонячного світла. Однак поняття спектра незабаром довелося розширити. Астроном В. Гершель вирішив перевірити, як «гріють» промені з різною довжиною хвилі, і одного разу його термометр випадково опинився за червоним кінцем спектра, причому стовпчик ртуті почав швидко підніматися. Виходить, і там було присутнє невидиме для ока випромінювання! Гершель назвала його «інфрачервоним» — довжина його хвилі виявилася меншою, ніж у червоного світла. За фіолетовим краєм теж було виявлене випромінювання — ультрафіолетове, більше високочастотне. А з відкриттям електромагнітних явищ з'ясувалося, що спектр випромінювань настільки широкий, що видиме світло становить у ньому лише незначну смужку. Більшу довжину, ніж інфрачервоні промені, мають радіохвилі, меншу, ніж ультрафіолетові — рентгенівське та гамма-випромінювання, які назвали «твердими» через їхню здатність проникати крізь тверді тіла.

З тих пір астрономам довелося по-іншому подивитися на Всесвіт — адже небесні тіла випромінюють і відбивають не тільки видиме світло, але й весь величезний спектр електромагнітних хвиль. І кожний вид випромінювання може розповісти про те, що відбувається в глибинах космосу не менше, а часом і більше, ніж світло. Правда, звичайні телескопи для таких цілей не підходять — око не бачить нічого, крім звичайного світла. Тому були створені особливі прилади — приймачі випромінювань, у яких те ж саме завдання, що й у телескопів: збирати й підсилювати хвилі певної довжини з далеких областей Всесвіту.

Правда, не все випромінювання досягає поверхні Землі — тверді промені поглинаються атмосферою. Але й ці труднощі вдалося обійти з початком космічної ери. У наші дні в навколоземному просторі є кілька десятків космічних апаратів із приймачами випромінювань на борту. Інформація з них передається на Землю і обробляється в дослідницьких центрах.

Електромагнітний спектр



Сучасний подвійний астрограф, що дозволяє одержувати об'ємні фотографії небесних тіл

СУПЕРНИК ОКА

Із винаходом у 19 столітті фотографії астрономи одержали не просто доповнення до телескопа, здатне зафіксувати те, що бачить людське око. Способи фіксації існували й раніше — наприклад, відомі малюнки видатних астрономів минулого — Галілея, Коперника, Кеплера, Гершеля. Але не всі вони досконалі, до того ж людське око грішить недостатністю об'єктивності — нерідко воно бачить те, що «хоче бачити», а не те, що є насправді. Цього недоліку позбавлена фотопластинка — вона передає тільки те, що справді існує. До того ж шар світлочутливої речовини, яким покривають фотопластинки для астрономічних досліджень, має чутливість до випромінювань у більш широкому діапазоні, ніж людське око, а ще одна його властивість — здатність накопичувати при тривалій витримці навіть найслабше світло — зробило фотографію просто незамінною для астрономів. І ще одна перевага: порівнюючи знімки тих самих ділянок неба, зроблені в різний час, можна виявити навіть найнікчемніші зміни, які там відбулися. За допомогою такого порівняння були відкриті сотні комет і астероїдів.

Інженери разом із вченими-астрономами почали створювати спеціальні інструменти, призначені винятково для фотографування небесних об'єктів — астрографи.

ІЗ ЧОГО «ЗРОБЛЕНІ» ЗІРКИ?

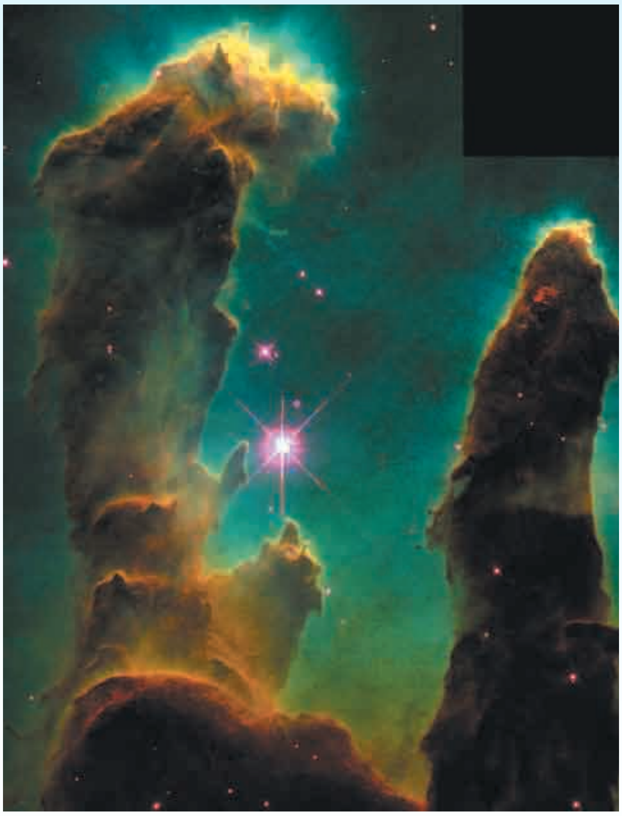
Відповідь на це запитання, яке століттями мучило астрономів і давало привід скептикам глузливо стверджувати, що ніхто ніколи цього не довідається, дала фізика. Застосувавши потужний засіб дослідження речовини на відстані — спектральний аналіз, астрономи й астрофізики змогли «заглянути» в надра зірок, туманностей і навіть наддалеких галактик.

Усі речовини в певних станах випромінюють або поглинають світло. Якщо поставити призму на шляху світла, що випромінюється розпеченим тілом, ми побачимо рівну райдужну смужку. Якщо ж додати крупинку речовини в полум'я, у спектрі ми побачимо тільки одну або кілька яскравих ліній, що розташовані завжди у тому ж самому місці. Кожний хімічний елемент дає властивий тільки йому набір ліній. Якщо ж промінь світла проходить через газ або пари інших речовин, то в спектрі з'являться чорні лінії в тих же місцях, де розташовані лінії випромінювання тих речовин, з яких складається «перешкода». І в цьому випадку можна визначити, із чого вона складається.

Спектри містять інформацію не тільки про склад космічних тіл, але й про швидкість і напрямок їхнього руху. Ми вже згадували про «червоний зсув» у спектрах далеких галактик, що пов'язано з тим, що вони віддаляються від нас із великою швидкістю. Існує і «фіолетовий зсув» — він виникає, коли тіло наближається до спостерігача.

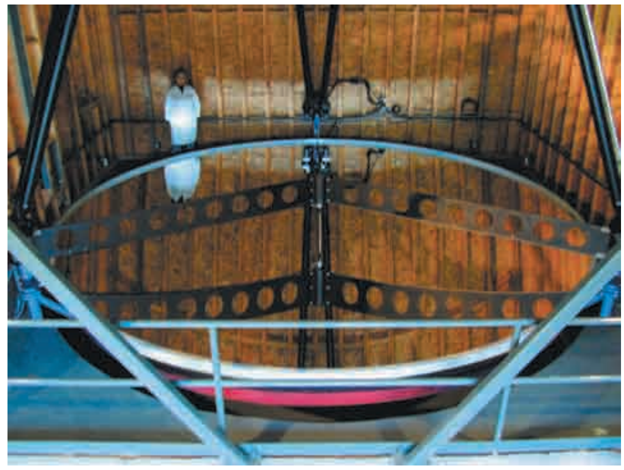
Для дослідження спектрів видимого світла небесних тіл сучасні астрономи використовують прилади спектрометри, об'єднані з телескопами.

Народження нових зірок у туманності Орел. Знімок, отриманий космічним телескопом «Хаббл» за допомогою спеціальної цифрової фотокамери



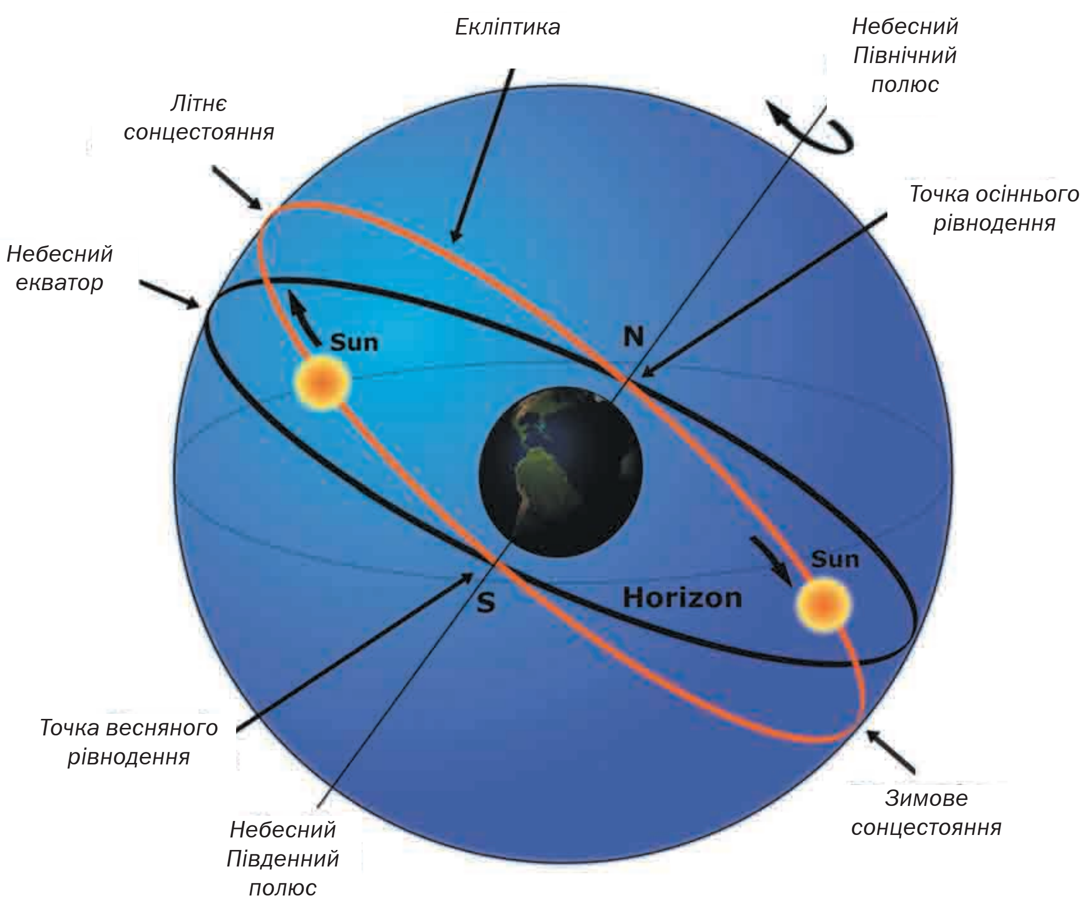
ТОЧКА НА НЕБЕСНІЙ СФЕРІ

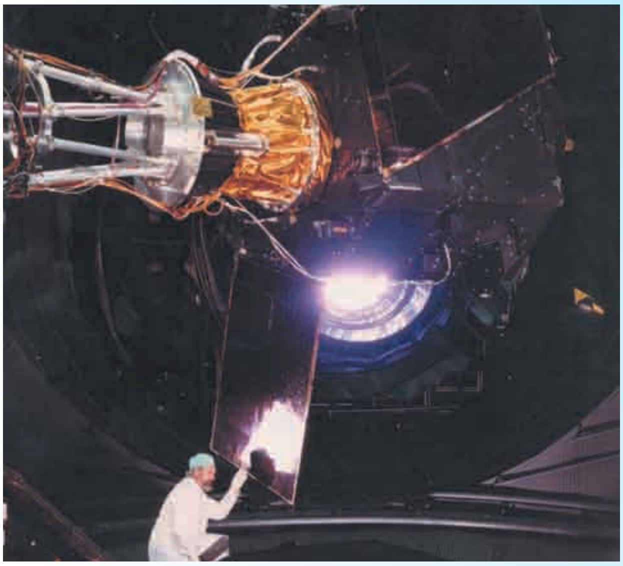
До того, як виникла наука астрофізика, що досліджує фізичні умови на небесних тілах і в навколишньому космічному просторі, астрономи займалися точними вимірами положень світил і їхнім рухом по небосхилу. Астрометрія — так називається розділ астрономії, що вивчає положення і переміщення небесних тіл. За допомогою астрометрії в наші дні визначають відстань до зірок і далеких галактик, вивчають рух Землі, Сонця, всієї Сонячної системи і нашої Галактики Чумацький Шлях у Всесвіті. Без точних астрометричних даних неможливо було б розрахувати траєкторії й орбіти руху космічних кораблів і супутників, користуватися системами космічного зв'язку і сучасних засобів глобального позиціонування, без яких «осліпли» б авіалайнери й кораблі в океані.



Зенітний телескоп — прилад, що використовується для визначення астрономічної широти, точного положення Північного полюса Землі й світу. На малюнку — проект надвеликого зенітного телескопа з рідким дзеркалом, який планується у майбутньому встановити на Місяці

Система небесних координат





Космічний апарат «Гіппаркос»

КООРДИНАТИ ЗА МЕЖАМИ ЗЕМЛІ

Система координат, що використовується географами на нашій планеті, просто не підходить для опису положень і руху планет і зірок. Справа в тому, що Земля бере участь у багатьох рухах — обертається навколо власної осі, навколо Сонця, рухається разом із Сонцем навколо центра нашої Галактики. Тому координати, прийняті в астрономії, пов'язані з такими «надійними» об'єктами, як найяскравіші й найвіддаленіші зірки і ядра галактик. Астрономи використовують систему небесних координат, у яких головними площинами є екліптика — площина, у якій лежать орбіти планет Сонячної системи, і небесний екватор — велике коло небесної сфери, що ділить її на дві півкулі — північну й південну. Площина небесного екватора нахилена до площини екліптики під тим же кутом, що й земна вісь — 23,5 градуса. Астрономи використовують дві координати — схилення (кут між площиною небесного екватора й положенням тіла) і пряме сходження (кут між напрямком на точку весняного рівнодення і площиною кола схилення світила).

Але щоб визначити точне положення світила, потрібно знати ще й відстань до нього. Для цього вимірюють його паралакс — кут, під яким зі світила був би видимий радіус земної орбіти, а потім обчислюють відстань. Швидкість руху світила обчислюють за його положенням у різні моменти часу і «червоним зсувом» у його спектрі.

Усі ці астрометричні параметри дозволяють визначити такі важливі дані, як маса й швидкість космічного об'єкта, його абсолютна світність, родину небесних тіл, до якої він належить, а також зробити висновки про його будову й фізичні властивості.

ПРАЦЬОВИТИЙ «ГІППАРКОС»

Астроном Гіппарх із Нікеї (190—130 рр. до н. е.) був першим ученим, що склав каталог, у який були внесені небесні координати близько тисячі зірок і введене поняття зоряної величини. У Середні віки кожен серйозний астроном вважав своїм обов'язком зробити свій внесок у складання ефемерид — таблиць передбачення руху планет по земному небу, отриманих за допомогою обчислень. Ефемерид потребували не тільки астрономи й мореплавці, але й астрологи, що намагалися пророкувати долі людей і цілих держав за рухом планет.

У 1989 р. на навколоземну орбіту був запущений унікальний космічний апарат «Гіппаркос» («Гіппарх»), названий за іменем античного астронома. Він дозволив у кілька разів підвищити точність астрометричних вимірів — на них більше не впливали збурення земної атмосфери. За чотири роки роботи на орбіті «Гіппаркос» визначив координати, паралакси і власні рухи більшої кількості зірок, ніж усі астрономи за увесь час існування науки про Всесвіт разом узяті — 118 218!

Так було покладено початок новій загальній системі, що описує положення й рух світил.

Площина екліптики добре видима на цьому зображенні, отриманому в 1994 р. космічним кораблем «Клементина». На передньому плані — Місяць, освітлений Землею, відблиски Сонця, що сходить над темною частиною поверхні Місяця, а також планети Сатурн, Марс і Меркурій (три точки внизу ліворуч)

СИГНАЛИ З БЕЗОДНІ

У людини немає органів чуттів, здатних сприймати електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі більшою, ніж у видимого світла. Для цього потрібні спеціальні прилади, які перетворять електромагнітні коливання у звукові хвилі або зображення. А оскільки вони були створені лише до початку 20 століття, то і дослідження радіохвиль, що пронизують Всесвіт, почалося зовсім недавно. А якщо точніше — у 1932 р., коли американський радіоінженер Карл Янський (1905—1950 рр.), вивчаючи властивості різних антен — пристроїв для прийому радіохвиль, — виявив слабкі сигнали з космосу. Це було радіовипромінювання Молочного Шляху, а точніше, області неба в сузір'ї Стрільця. Саме в цьому напрямку розташований центр нашої галактики. Однак на цьому все закінчилося — протягом семи років ніхто не звертав уваги на відкриття Янського. І лише в 1939 р. про нього довідався інший американський радіоінженер — Гроут Ребер (1911—2002 рр.), який був, крім того, ще й астрономом-аматором.

ВСЕСВІТ НА ЗАДНЬОМУ ДВОРІ

Гроут Ребер закінчив Іллінойський технологічний інститут і займався розробкою радіоприладів для різних дрібних фірм. Прочитавши статтю Янського про радіовипромінювання «з неба», він звер-

Перший у світі радіотелескоп

Гроут Ребер

нувся в лабораторію фірми «Белл» із пропозицією створити потужніший пристрій для прийому сигналів із космосу, але одержав відмову. То були часи Великої депресії в США, і власники фірм не були налаштовані витрачати кошти на усілякі божевільні проекти.

Тоді Ребер вирішив побудувати приймальний пристрій на власні кошти на задньому дворі власного будинку в містечку Уїтоні. Перший у світі радіотелескоп, по суті, повторював конструкцію оптичного телескопа-рефлектора: параболічне дзеркало з металу діаметром 9,5 м збирало сигнали й спрямовувало їх на приймач, розташований за 8 м над дзеркалом — у фокусі параболи. Ця конструкція була встановлена на похилій стійці так, щоб її можна було спрямувати на будь-яку точку неба. За допомогою свого радіотелескопа Гроут Ребер обстежив весь небосхил Північної півкулі й склав карту космічних радіоджерел.

Тільки коли робота Ребера була опублікована, астрономи зрозуміли, які можливості відкриваються перед радіоастрономією. Після Другої світової війни всюди в розвинених країнах стали будувати все потужніші радіотелескопи, і відкриття посипалися, як із рога достатку. За допомогою цих інструментів були виявлені цілі нові класи космічних об'єктів — квазари, пульсари, реліктове випромінювання і багато чого іншого.

А Гроут Ребер, раз і назавжди зачарований «голосами Всесвіту», переселився на далекий острів Тасманія і до кінця свого довгого життя продовжував займатися радіоастрономічними спостереженнями.

ЯК ПОЧУТИ НЕБЕСА?

Головна частина будь-якого радіотелескопа — антена. Найчастіше це величезне увігнуте ме-

ЦІКАВО

За допомогою радіотелескопів можна не тільки приймати, але й посилати радіосигнали і приймати їхнє відбиття від небесних тіл. Така «астролокація» дозволяє одержувати зображення поверхонь планет, прихованих щільною атмосферою, і вивчати процеси, що відбуваються в глибинах таких «газових гігантів», як Сатурн і Юпітер. Антени радіотелескопів використовуються також для здійснення зв'язку з космічними апаратами, відправленими в «далеке плавання» до кордонів Сонячної системи.

РАТАН-600 — один із найбільших у світі радіотелескопів з діаметром «дзеркала» близько 600 м. Складається з 895 елементів

талеве дзеркало, що збирає випромінювання у фокусі, де встановлений спеціальний пристрій — опромінювач. Чим поверхня прийомної антени більша, тим більш слабкі сигнали вона здатна сприймати. Нерідко використовуються дві одночасно працюючі приймальні антени, що розміщені далеко одна від одної. Такий пристрій називається радіоінтерферометром і дозволяє набагато збільшити приймальну здатність радіотелескопа — тобто його здатність розрізняти окремі джерела радіохвиль, розташовані безпосередньо поряд.

Антена радіотелескопа може бути закріплена нерухомо — тоді вона «читає» смугу на небосхилі, наче слідуючи за обертанням нашої планети. Антени найбільших радіотелескопів — таких, як радіотелескоп у Пуерто-Рико, розташований у кратері вулкана Аресібо, що має «чашу» діаметром 300 м, — будують нерухомими. Найбільший поворотний радіотелескоп створений у Німеччині — діаметр його антени становить 100 м, її можна спрямувати в будь-яку точку неба в нашій півкулі.

За допомогою радіотелескопів можна приймати різні види космічних випромінювань — це і низькотемпературне теплове випромінювання, випромінювання міжзоряного водню, випромінювання електронів, що швидко рухаються в магнітному полі, мазерне та інші. Всі вони виникають у результаті різних процесів, що відбуваються в речовині Всесвіту за певних умов, і дають ученим найважливішу інформацію.

Радіотелескоп Аресібо

СПОСТЕРЕЖЕННЯ «НА МЕЖАХ»

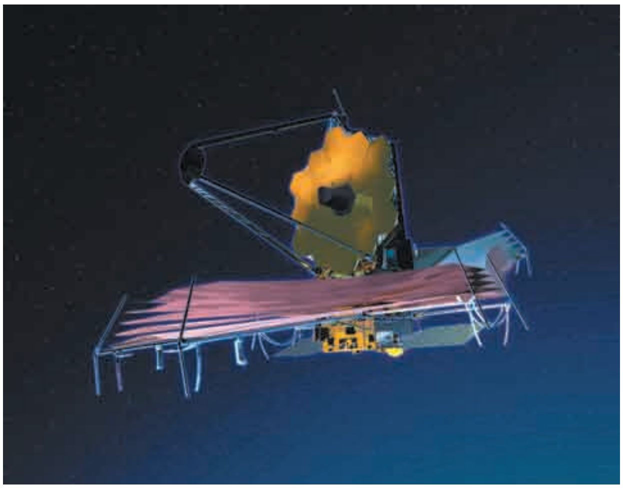
До меж спектра видимого світла впритул примикають інфрачервоне й ультрафіолетове випромінювання. В інфрачервоного випромінювання довжина хвилі трохи більша, а в ультрафіолетового — трохи менша, ніж у звичайних сонячних променів. Однак властивості земної атмосфери такі, що вона затримує це випромінювання, і лише незначна його частина досягає поверхні планети. Для біосфери це благо — тверде ультрафіолетове випромінювання діє згубно на живі клітини, та й надлишок інфрачервоних променів шкідливий. І однак ми його відчуваємо — завдяки ультрафіолету наша шкіра покривається засмагою, а інфрачервоне випромінювання доносить до поверхні Землі сонячне тепло.

Ще в ті часи, коли була відкрита фізична природа «прикордонних» випромінювань, учені припускали, що вони несуть цінну інформацію про Всесвіт. Ще в 30—40-х роках минулого століття вживалися спроби реєструвати інфрачервоні й ультрафіолетові потоки з космосу, піднімаючи приймачі на велику висоту за допомогою аеростатів. Але глибокі дослідження стали можливими тільки тоді, коли астрономічні інструменти вдалося вивести за межі земної атмосфери — у космічний простір. Це відбулося в 80-ті роки 20 століття.

СТРОГІ ПРИЛАДИ

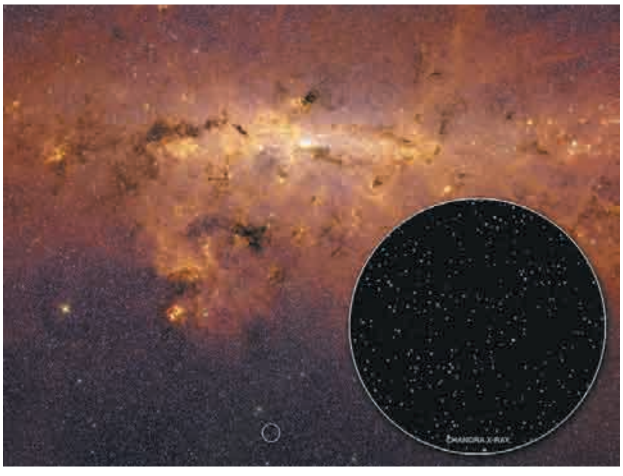
Як і в оптичних телескопів, основною частиною інфрачервоних телескопів є дзеркало. Воно не обов'язково повинне бути таким же точним, як дзеркала наземних рефлекторів, зате захист від перешкод для інфрачервоних телескопів — мало не головна умова роботи. А перешкод безліч — інфрачервоні промені випускають всі деталі телескопа, електронні пристрої й прилади, які рухаються і піддаються тертю. Тому навіть в умовах космосу інфрачервоні телескопи доводиться охолоджувати рідким гелієм із температурою мінус 270 градусів за Цельсієм. Як приймачі випромінювання використовуються болометри — надчутливі датчики, здатні «відчувати» тепло, що виділяється навіть найбільш далекими зірками і галактиками.

Всесвіт повен джерел інфрачервоного випромінювання — це самі зірки, хмари космічного пилу й газу, нагріті розташованими близько до них зірками, по надпотужному інфрачервоному випромінюванню можна розпізнати області, у яких утворюються нові

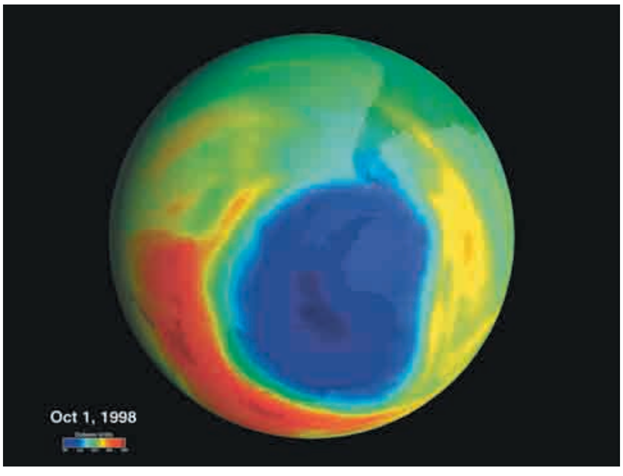


Космічний інфрачервоний телескоп нового покоління «Джеймс Вебб» (США), який планується запустити на орбіту навколо Землі в 2014 році. Це орбітальна обсерваторія, обладнана телескопом із дзеркалом у 6,5 м і «сонячним щитом» розміром із тенісний корт для захисту від сонячного випромінювання. «Джеймс Вебб» призначений для виявлення випромінювання перших зірок і галактик, що сформувалися одразу після Великого Вибуху

Так «бачить» небо інфрачервоний телескоп



«Озонова дірка» над Антарктидою



ЦІКАВО

Першовідкривачами озону в атмосфері були французькі вчені Шарль Фабрі та Анрі Буіссон. У 1913 р. їм удалося за допомогою вимірювання ультрафіолетового випромінювання довести наявність тонкого «прошарку» озону на великих висотах. Якби цього шару не було, живі істоти на нашій планеті ніколи не змогли б вибратися з океанів і заселити сушу. Тому настільки великою є тривога вчених, які виявили в останні десятиліття значні порушення цілісності озонового шару — «озонові дірки». Із 1994 р. щорічно 16 вересня проводиться Міжнародний день охорони озонового шару.

зірки. І навіть близькі до нас області Сонячної системи, планети і їхні супутники досліджують за допомогою інфрачервоних приладів, які дозволяють визначити склад і структуру їхніх атмосфер. Особливий інтерес для вивчення в інфрачервоному діапазоні являють активні ядра галактик, потужність випромінювання від яких така велика, що цьому явищу поки ще не знайдено пояснення.

«ГАРЯЧІ» ФОТОНИ

Головне джерело ультрафіолетового випромінювання в космосі — гарячі зірки та сильно розігріті гази. Це, насамперед, найпоширеніший у Всесвіті елемент водень. Фізики знають, що чим вища температура тіла, тим більша частина його випромінювання припадає на короткохвильову частину спектра і тим більшу енергію мають кванти цього випромінювання — фотони. Атоми газу при нагріванні втрачають свої електрони, отримують електричний заряд і бурхливо взаємодіють із магнітними полями, що пронизують міжзоряний простір. Однак на шляху «гарячих» фотонів стоїть міжзоряне середовище — «холодні» гази й пил. Вони поглинають ультрафіолетове випромінювання, наче приховуючи від нас його основні джерела, а потім «перевипромінюють» отриману енергію у вигляді інфрачервоних хвиль і видимого світла.

Наймогутніше ультрафіолетове джерело на земному небі — наше Сонце. Причому випромінює ультрафіолет не поверхня зірки, а найбільш сильно нагріті ділянки її атмосфери. Майже всю енергію цього випромінювання поглинає озоновий шар в атмосфері Землі, розташований на висоті від 12 до 50 км над поверхнею Землі.

Інфрачервона обсерваторія на Південному полюсі. Центральні райони Антарктиди — єдине місце на Землі, де можна здійснювати астрономічні спостереження в інфрачервоному діапазоні. Тут повітря абсолютно сухе, і завдяки цьому утворюються так звані «вікна прозорості» для інфрачервоного випромінювання з космосу

СЛІДАМИ КОСМІЧНИХ ПОДІЙ

У спектрі електромагнітних випромінювань рентгенівське випромінювання розташоване між ультрафіолетовим і гамма-випромінюванням. Відкрите воно було німецьким фізиком Вільгельмом Конрадом Рентгеном (1845—1923 рр.) у 1895 р. Довжина хвилі рентгенівського випромінювання подібна до розмірів атомів, тому воно має велику проникаючу здатність — багато речовин для нього майже «прозорі» або поглинають його незначною мірою. Через цю властивість неможливо виготовити лінзу, яка збирала б рентгенівські промені. Цей вид випромінювання впливає на тканини живих організмів і може бути причиною променевої хвороби, променевих опіків і злоякісних пухлин, однак земна атмосфера практично повністю поглинає рентгенівське випромінювання від космічних джерел — шар повітря занадто великий і поглинає навіть найшвидші фотони.

В ОЧІКУВАННІ СПАЛАХІВ

Астрономи не очікували нічого особливого від нового виду випромінювання — адже для того, щоб утворилося джерело рентгенівських променів, потрібні температури в кілька мільйонів градусів, а їх немає навіть у надрах найгарячіших зірок. Однак у 20 столітті такі джерела у Всесвіті були відкриті — спочатку ними виявилися спалахи на сонці й гарячі гази сонячної корони, а потім були виявлені рентгенівські джерела в Крабоподібній туманності, де в минулому спалахнула наднова зірка, і безліч інших. Але для цього довелося підняти приймачі рентгенівського випромінювання на навколоземні орбіти.

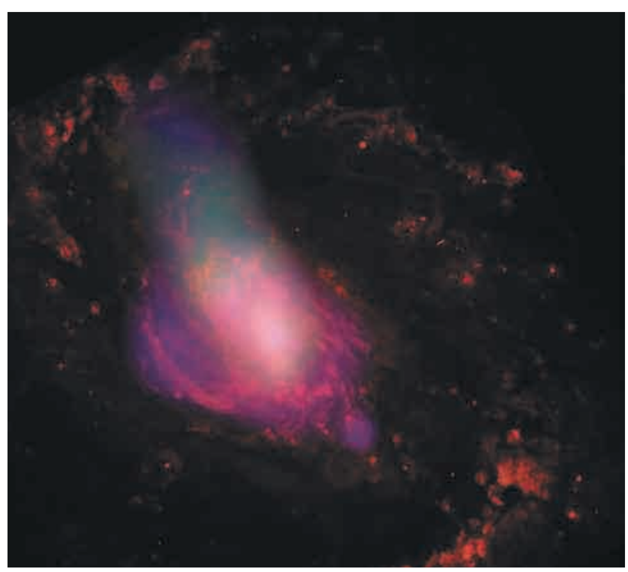
У 1999 р. у США за допомогою шаттла «Колумбія» була виведена на високу навколоземну орбіту космічна рентгенівська обсерваторія «Чандра», призначена для вивчення Всесвіту в рентгенівському діапазоні. Це був один із найбільших в історії дослідницьких космічних апаратів, маса якого становила 23 т. Устаткування дозволило обсерваторії протягом декількох років реєструвати віддалені космічні джерела м'якого й твердого рентгенівського випромінювання, а також досліджувати властивості міжзоряного середовища. Точність приладів «Чандри» така висока, що вони здатні виміряти енергію навіть одного-єдиного фотона.

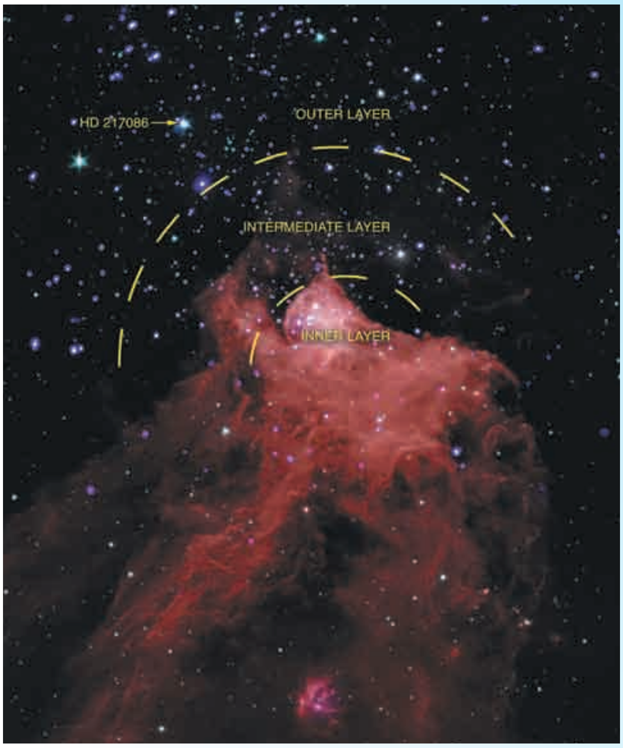
СВІДКИ НАРОДЖЕННЯ Й ЗАГИБЕЛІ

Ще меншу довжину хвилі і ще більшу енергію, ніж рентгенівське випромінювання, має гамма-випромінювання. Воно було відкрите в процесі дослідження розпаду радіоактивних елементів на Землі, але згодом з'ясувалося, що гамма-випромінювання може виникати при зіткненнях часток високої енергії, при анігіляції — коли пара «частка — античастка» перетворюється в гамма-кванти, і в ряді інших випадків. Усі ці події постійно відбуваються в космічному просторі, і астрономи розраховували одержати за допомогою спостережень за гамма-активністю Всесвіту нові дані про його еволюцію. На цьому шляху було чимало перешкод, адже дуже важко зареєструвати напря-

Космічна рентгенівська обсерваторія «Чандра» (США)

Зображення «чорної дірки» в рентгенівських променях, отримане приймачами «Чандри»

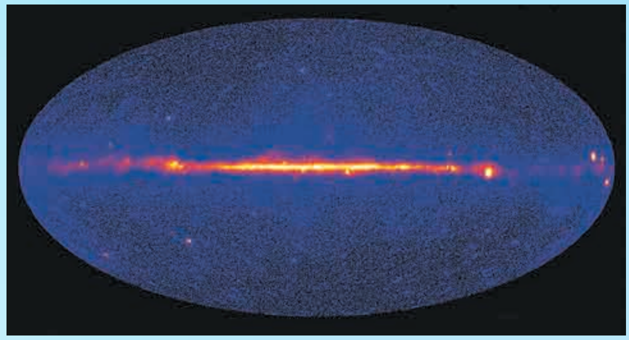




Молекулярна хмара Цефей-Б із новонародженою зіркою, що виблискує в її верхній частині. Зображення отримане обсерваторією «Чандра» і космічним інфрачервоним телескопом «Спітцер»

мок, звідки «приходить» гамма-випромінювання, та й приймати такі сигнали можна тільки за межами атмосфери.

Першим же виявленим поблизу джерелом гамма-випромінювання стало Сонце — у періоди підвищеної активності наше світило енергійно випромінює гамма-кванти. Потім був виявлений фон Всесвіту — загальне гамма-випромінювання космічного середовища, що підсилювалося в області диска нашої Галактики, і окремі надпотужні джерела випромінювання, розкидані по всьому Всесвіту,



Гамма-сплеск, зареєстрований телескопом «Фермі»

які довго не вдавалося пов'язати з якимись відомими космічними об'єктами. Час від часу прилади реєстрували так звані гамма-сплески — потужні викиди енергії, подібні до велетенських вибухів, у віддалених галактиках, які тривали від тисячних частин секунди до години. Їхнім джерелом вважають вибухи наднових з їхнім наступним перетворенням у «чорні дірки», злиття нейтронних і народження нових зірок. Існують сотні теорій, що намагаються пояснити причини гамма-сплесків, але дотепер вони залишаються для астрофізиків однією із найбільших загадок природи.

ЦІКАВО

Кількість енергії, що випромінюється при коротких гамма-сплесках, дорівнює всій енергії, що виділяє Сонце за десять мільярдів років. При цьому гамма-сплески зовсім не рідкість у Всесвіті — космічні обсерваторії реєструють їх не менше одного на добу. Для життя на Землі велика удача, що основні джерела твердого гамма-випромінювання розташовані приблизно за мільярд світлових років від нас. Якби такий спалах відбувся навіть на далекому краю галактики Чумацький Шлях, на нашій планеті не залишилося б нічого живого.

Найсучасніша орбітальна гамма-обсерваторія «Фермі» (США), виведена в космос у червні 2008 р. За допомогою унікального гамма-телескопа, що передає отримані дані на Землю, учені досліджують процеси в ядрах галактик, «чорні дірки», пульсари, космічні промені, гамма-сплески і залишки наднових. Ряд досліджень спрямовано на розгадку таємниці темної матерії, яка, як вважають сучасні астрономи, становить більше двох третин всієї матерії Всесвіту

МІСЯЧНИЙ ПИЛ І МАРСІАНСЬКИЙ ІНІЙ

Із настанням космічної ери астрономія вперше за всю історію свого існування одержала можливість «доторкнутися» до об'єктів своєї науки в буквальному значенні слова. Слідом за штучними супутниками на навколоземних орбітах і першим польотом людини в космос почалися широкі дослідження планет Сонячної системи за допомогою автоматичних космічних апаратів. Астрономи й астрофізики не тільки одержали величезну кількість нової інформації, але й змогли підтвердити правильність своїх теорій і застосовуваних методів. А після першого польоту корабля «Аполлон» на Місяць з екіпажем відкрилася реальна можливість космічних експедицій на Марс, до ядер комет і на найближчі астероїди.

Космічний апарат «Маринер-10», який уперше з близької відстані сфотографував поверхню найближчої до Сонця планети — Меркурія

НЕВІДОМИЙ МІСЯЦЬ

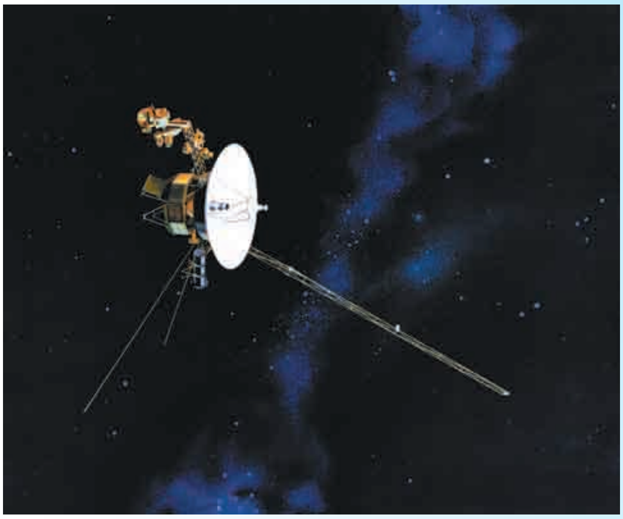
Перші успіхи в дослідженні Всесвіту за допомогою космічних апаратів пов'язані з нашим найближчим супутником — Місяцем. У 1959 р. повз Місяць пролетіла радянська космічна станція «Луна-1», «Луна-3» сфотографувала зворотний бік Місяця, що залишався до цього дня абсолютно невідомим для астрономів, а в 1966 р. «Луна-9» здійснила м'яку посадку на поверхню Місяця. Ще через три роки американські астронавти висадилися на поверхню Місяця й доставили на землю перші зразки неземних гірських порід. Потім поверхню нашого супутника досліджували радянські автоматичні лабораторії «Луноход-1» і «Луноход-2», керовані із Землі, а в 2009 р. в США були запущені два місячні орбітальні зонди, які стали супутниками Місяця і займаються збором інформації про місячну поверхню, пошуками води на Місяці й місць, придатних для баз майбутніх місячних експедицій.

Космічний апарат «Венера-15», запущений у 1983 р. Більше восьми місяців був супутником Венери. За результатами роботи апарату був складений перший в історії атлас рельєфу поверхні цієї планети

ДО МЕРКУРІЯ Й ВЕНЕРИ

Уже в 60-х роках 20 століття почалося дослідження більш далеких областей Сонячної системи за допомогою космічних зондів — безпілотних апаратів, обладнаних апаратурою для виконання поставлених перед ними наукових завдань і зв'язку із центром керування польотом на Землі. Деякі з них мали спеціальні спускні апарати, які після прибуття до заданої точки скидалися на поверхню планети або астероїда. Першим зондом такого типу був радянський «Луна-1». За ним ішли американські апарати серії «Маринер», які були призначені для вивчення Венери, Марса й Меркурія. Так, «Маринер-4» став першим штучним супутником Марса, а «Маринер-10» у 1973 р. уперше сфотографував Меркурій із близької відстані.

Міжпланетні апарати серії «Венера», створені в СРСР, провели цикл досліджень умов цієї планети, про які практично нічого не було відомо. Через величезну щільність венеріанської атмосфери по-



Далекий космічний зонд «Вояджер» («Мандрівник») у польоті

верхня Венери залишалася недоступною для спостереження за допомогою оптичних телескопів. У 1970 р. спускний апарат зонду «Венера-7» уперше досяг поверхні Венери і передав дані про щільність атмосфери біля поверхні та її температуру, а «Венера-13» і «Венера-14» у 1982 р. здійснили м'яку посадку, передали на землю кольорові зображення з поверхні планети і провели безпосередній аналіз її ґрунту.

ЗА МЕЖІ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ

Одним із найвидатніших проектів із дослідження далекого космосу було створення в США двох зондів «Вояджер». Обидва «Вояджери» — це великі міжпланетні станції-роботи, оснащені автономним живленням, двигунами для зміни орбіт, комп'ютерами, системами радіозв'язку із Землею і науковою апаратурою — були запущені до орбіт зовнішніх планет у 1977 р. Спочатку планувалося досліджувати тільки Юпітер і Сатурн, але зонди виявилися настільки надійними й «розумними», що результати перевершили всі очікування. Дослідивши Сатурн і його супутники, апарати попрямували до Урана й Нептуна, а потім покинули межі Сонячної системи й зараз продовжують свій політ у глибокому космосі. За розрахунками учених, зв'язок із зондами буде підтримуватися до 2030 р., і увесь цей час вони будуть продовжувати передавати на Землю наукову інформацію.

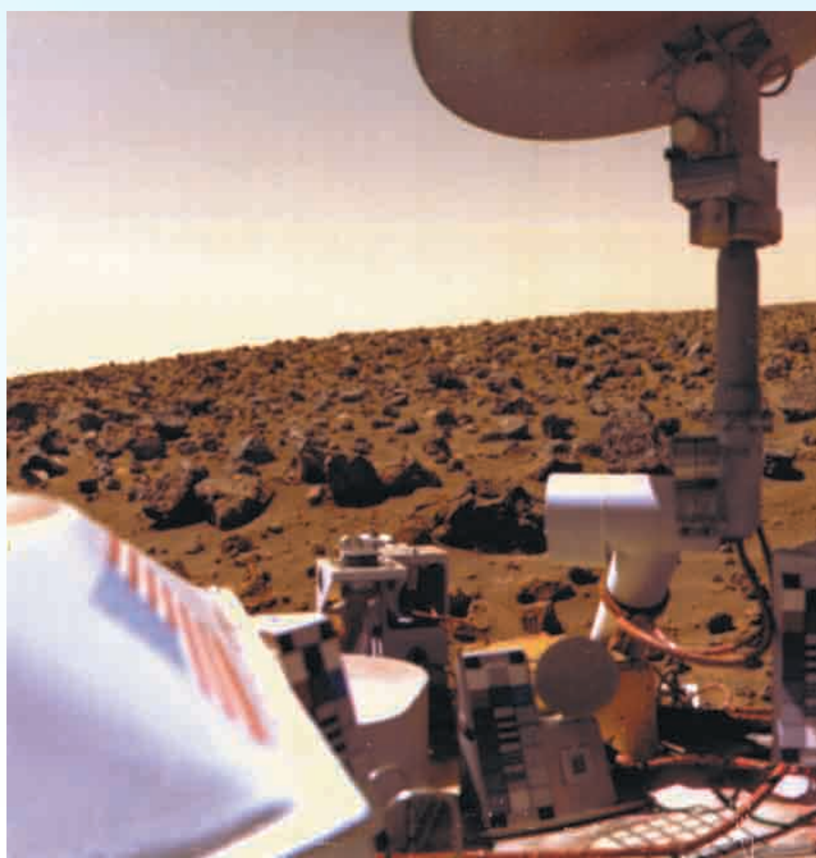
ЦІКАВО

На борту кожного з «Вояджерів» у космос летить послання до позаземних цивілізацій. Це позолочений відеодиск зі слайдами, що містять найважливіші наукові дані, види Землі, сцени з життя тварин і людини, їхню анатомічну будову й біохімічну структуру, включаючи молекулу ДНК. На диску зазначене місце розташування Сонячної системи, а також записані звуки: шепіт матері й плач дитини, голоси птахів і звірів, шум вітру й дощу, гуркіт вулканів, шурхіт піску й океанські хвилі. Людська мова представлена в посланні короткими вітаннями на 58 мовах народів світу.

ЩО ТАМ, НА МАРСІ?

Програма «Вікінг» була створена в США для вивчення Марса й з'ясування питання: чи є життя на цій планеті. Результати роботи зондів «Вікінг» та їхніх спускних апаратів виявилися найбагатшими за всю історію вивчення «Червоної планети». Особливо відзначився «Вікінг-2», запущений у 1975 р.: уперше були передані з поверхні Марса кольорові фотографії високої якості, узяті проби ґрунту й проаналізовані на наявність слідів життя, було виявлено, що в атмосфері планети в 15 разів більше кисню, ніж припускали астрономи. Крім того, з орбіти на поверхні планети були виявлені утворення, які являють собою сліди висохлих водних потоків. І лише одне розчарування очікувало вчених — слідів діяльності живих організмів на Марсі не вдалося виявити.

«Вікінг» на Марсі

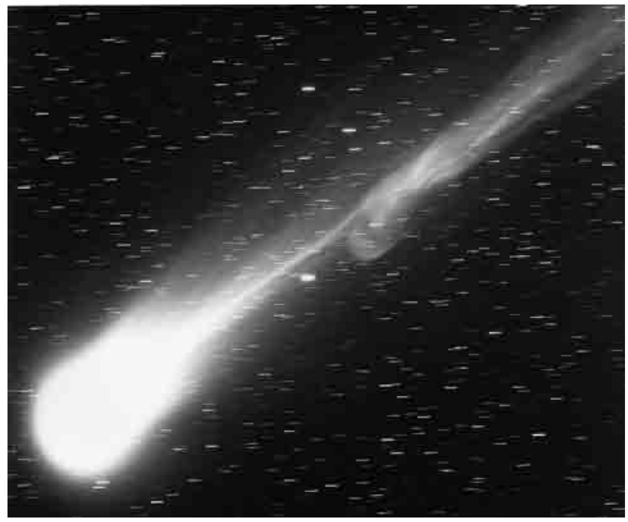


ЗАЧАРОВАНІ НЕБОМ

Багато найвидатніших астрономів сучасності починали як аматори — прекрасний і таємничий світ зоряного неба заворожував із першого погляду. Першим «вікном у Всесвіт» для них найчастіше ставав об'єктив найпростішого телескопа, виготовленого власними руками. Сьогодні сотні тисяч людей найрізноманітніших професій в усьому світі захоплено ведуть астрономічні спостереження — і нерідко роблять відкриття, вирішують наукові завдання, ведуть постійний контроль за тими або іншими космічними об'єктами. Далеко не всі астрономи-аматори стають професіоналами, але, доторкнувшись до таємниць Всесвіту, вони здобувають інший погляд на світ і місце людини в ньому.

Яким же чином аматори, озброєні малопотужними інструментами, примудряються конкурувати з надсучасними обсерваторіями й космічними телескопами? Справа в тому, що професійні дослідники займаються, в основному, окремими об'єктами у Всесвіті, вирішуючи пов'язані з ними наукові проблеми. Надпотужні телескопи великих обсерваторій мають надзвичайно вузьке поле зору — така плата за фантастично високу роздільну здатність. У професійних астрономів немає можливості контролювати великі області неба протягом тривалого часу. А аматори постійно спостерігають за Сонцем, змінними зірками, кометами, астероїдами й метеорними потоками за допомогою інструментів із великим полем зору, які з кожним роком стають усе могутнішими. Не дивно, що ці «упертюхи» часом одержують важливі наукові результати.

Астрономи-аматори, що ведуть спостереження за метеорними потоками



Комета Хякутаке

АПТЕКАР, ГІМНАЗИСТ, ФОТОГРАФ...

Свій внесок в астрономічну науку аматори здійснювали як у минулому, так і в наші дні. Так, цикли сонячної активності були відкриті у 19 столітті аптекарем із міста Дессау в Німеччині Генріхом Швабе, а повернення комети Галлея у 1758 р. було вперше виявлене саксонським селянином Георгом Паличем. А в 1901 р. київський гімназист Андрій Борисяк виявив спалах нової зірки в сузір'ї Персея. Дві найяскравіші комети в 20 столітті також були виявлені аматорами: американці Алан Хейл і Томас Бопп першими виявили в 1995 р. появу комети Хейла-Боппа, яка, наблизившись, близько 18 місяців була видима на земному небосхилі. Причому в одного з першовідкривачів навіть не було власного телескопа — він випадково помітив цятку, що промайнула в окулярі телескопа приятеля.

У 1996 р. професійний фотограф і астроном-аматор з Японії Юдзі Хякутаке в потужний бінокль із дванадцятисантиметровим об'єктивом помітив ще одну комету, що наближалася до Землі. Комета Хякутаке мала дивні синьо-зелені кольори, а її хвіст у момент проходу поблизу нашої планети займав до 80 градусів видимого небосхилу. Спостереження за кометою Хякутаке привело до декількох наукових відкриттів. Було вперше виявлене рентгенівське випромінювання ядра комети, а в складі її хвоста виявлена наявність органічних сполук — газів метану й етану. Хвіст і сам по собі виявився «рекордним» — його довжина досягала 570 млн км.

ЗЕМЛЯ У ВСЕСВІТІ

Назва «Земля» утворена від стародавнього спільнослов'янського кореня «зем-», що означав «низ», «піл», «ґрунт». Такою і була планета для наших далеких предків — поверхнею з різними формами рельєфу, на якій протікало життя людей, тварин і рослин. Лише з нагромадженням знань, яке тривало тисячоліттями, мислителі й учені почали замислюватися про те, що являє собою Земля як ціле, де вона розміщується, що її оточує і яка її роль у Всесвіті.

Однак знайти відповіді на ці питання виявилося не так просто. Лише у 16—17 століттях почали складатися об'єктивні уявлення про Землю й Сонячну систему. Але вже тоді вчені добре усвідомлювали, що наша планета — найдивовижніша серед своїх сестер і наділена унікальними властивостями й характеристиками.

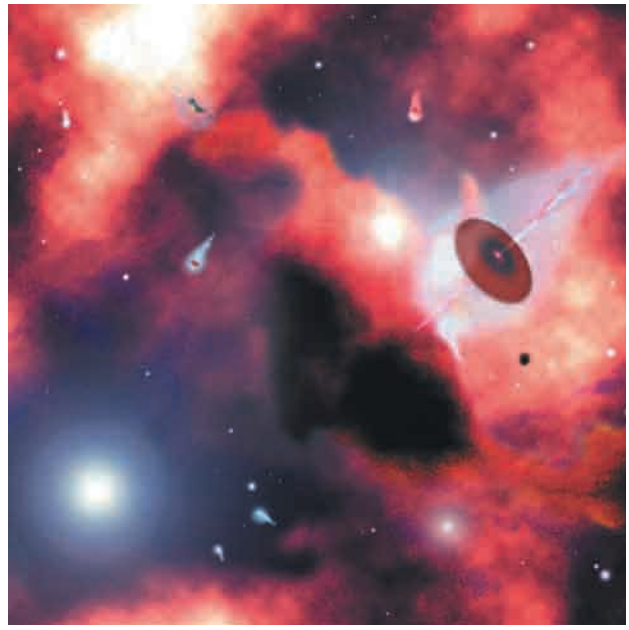
Насамперед — на Землі існує багате й різноманітне органічне життя. І своїм існуванням вона завдячує надзвичайно сприятливим умовам, що виникли протягом усього часу існування планети. Відстань від Землі до Сонця така, що Земля одержує помірну, але цілком достатню для існування живих організмів кількість світла й тепла. Обертання Землі забезпечує рівномірне прогрівання поверхні планети, атмосфера захищає її від твердого випромінювання з космосу, а більше двох третин поверхні планети покрито водою в рідкому стані. Важко уявити більш сприятливі умови для виникнення й розвитку життя — нічого подібного немає в Сонячній системі.

Однак далеко не завжди було так. Земля — частина Всесвіту і, як і всі інші планети, пройшла шлях від протопланетної туманності до свого сучасного стану. Вона залишається єдиним космічним тілом, з яким ми маємо справу щодня, тому що є його мешканцями. Тому й досліджена Земля набагато глибше й докладніше, ніж усі інші астрономічні об'єкти.

КОРОТКА ІСТОРІЯ НАШОГО СВІТУ

Земля — третя від Сонця планета Сонячної системи, найбільша серед планет земної групи, у яку входять також Меркурій, Венера й Марс. Дотепер вона залишається єдиним відомим космічним тілом не тільки в Сонячній системі, але й у Всесвіті взагалі, населеним живими істотами.

За даними сучасних дослідників, Земля утворилася з розрідженої газопилової туманності, що повільно оберталася навколо Сонця, поступово сплющуючись і ущільнюючись під дією сил гравітації. Це відбулося приблизно 4,54 млрд років тому, і незабаром після цього новонароджена Земля отримала свій природний супутник — Місяць. Через мільярд років на Землі з'явилося життя, яке з часом помітно змінило склад атмосфери планети. Сформувався озоновий шар, що разом із магнітним полем Землі послаблює тверду сонячну радіацію, зберігаючи умови, сприятливі для життя. Близько 71 % поверхні нашої планети покрито рідкою водою, а іншу її частину займає суша — континенти й острови.



Протопланетний диск у туманності Оріона, в якому видно планету, що формується. Фото космічного телескопа «Хаббл»

ІЗ ПИЛУ Й ГАЗУ

Земля, як і інші планети Сонячної системи, сформувалася з протопланетарного диска пилу й газу, що оточував Сонце — молоду зірку, що спалахнула в його надрах. Незабаром виник і Місяць — швидше за все, це відбулося після того, як Земля зіштовхнулася «по дотичній» з іншим планетоподібним тілом, за розмірами близьким до Марса. Частина маси цього тіла злилася із Землею, а частина залишилася в навколоземному просторі у вигляді кільця уламків, які згодом «злиплися» і дали початок Місяцю.

У ті неймовірно далекі часи зіткнення між різними тілами в Сонячній системі, що формувалася, відбувалися набагато частіше, ніж у наші дні, — можливо, і самих тіл у ній було набагато більше. Діяльність перших вулканів і виділення газів, що містилися між «злиплими» частками пилу, призвели до утворення стародавньої земної атмосфери, у якій містилося чимало водяної пари. При зіткненнях із кометами на поверхню гарячої Землі випадало багато льоду, який, випаровуючись, продовжував насичувати атмосферу вологою. Зі зниженням температури вода перейшла в рідкий стан і буквально обрушилася на поверхню планети у вигляді бурхливих гарячих злив. Накопичуючись, вона утворила теплі океани, у яких активно йшли реакції між різними хімічними елементами й сполуками. Близько 4 млрд років тому ці реакції призвели до

Планети земної групи — Меркурій, Венера, Земля й Марс

ЦІКАВО

Останній загальний предок — жива істота, від якої ведуть своє походження всі організми, що нині живуть на Землі. Не варто думати, що це був перший з усіх колись існуючих організмів. Не був він і найпростішим. До нього виникали й гинули численні форми життя, але жодна з них не мала настільки досконалого механізму передачі спадкоємних ознак і не використовувала генетичний код, подібний до того, що існує в сучасних живих організмів. Останній загальний предок виник близько 4 млрд років тому і, ймовірно, повністю вимер, залишивши після себе тільки «генетичну спадщину», що тепер належить тваринам, рослинам, грибам і бактеріям, що населяють Землю.

появи складних молекул, здатних відтворювати самих себе. Пройшло ще півмільярда років — і у водах первинних морів з'явилася істота, яку біологи називають «останній загальний предок».

ПЛАНЕТА, ЩО МІНЯЄТЬСЯ

Поява фотосинтезу дозволила живим організмам прямо використовувати сонячну енергію. У результаті в атмосфері стала збільшуватися кількість кисню, а у верхніх її шарах почав формуватися озоновий шар, адже озон — це той самий кисень, але складається не з двох, а з трьох атомів. Злиття дрібних живих клітин із більшими призвело до розвитку набагато більш складних клітин — еукаріотів, а потім з'явилися справжні багатоклітинні організми, які складаються з груп клітин і вміють пристосовуватися до мінливих умов навколишнього середовища. Все це відбувалося в океанах і прісноводних водоймах — на суші ж згубне ультрафіолетове випромінювання Сонця швидко вбивало все живе. Лише після формування озонового шару життя вийшло на сушу і завоювало стародавні континенти.

Земна суша не завжди була такою, як сьогодні. Поверхня планети постійно змінювалася протягом сотень мільйонів років, материки з'являлися й руйнувалися, переміщувалися по земній поверхні, а іноді збиралися разом, утворюючи єдиний «надконтинент». Приблизно 750 млн років тому найбільш ранній із відомих ученим надконтинентів — Родінія, почав розколюватися на частини. Після цього континенти об'єдналися в Паннотію (приблизно 550 млн років тому), а потім в останній суперконтинент — Пангею, що розпався 180 млн років тому.

У ЖИТТЯ СВОЇ ШЛЯХИ

Усі ці тектонічні явища постійно впливали на хід розвитку життя. Але тепер, ставши набагато більш складним, життя навчилося знаходити відповіді на будь-який виклик, який кидала нежива природа. Існує гіпотеза, що в період від 750 до 580 млн років тому Земля була повністю покрита льодом. Так от, відповіддю на ці несприятливі умови став так званий «кембрійський вибух», коли 535 млн років тому стрімко прискорилося поширення складних форм життя.

Нерідко за «вибухами» слідували періоди занепаду й масового вимирання живих істот — таких періодів налічується не менше п'яти. Останній наступив 65 млн років тому, коли екологічна катастрофа, викликана падінням гігантського метеорита, призвела до зникнення динозаврів, але не зачепила дрібних тварин, таких як ссавці. Саме вони одержали свій шанс, і число видів цих істот почав стрімко збільшуватися. А кілька мільйонів років тому наші мавподібні предки навчилися пересуватися на задніх кінцівках, що дозволило їм навчитися використовувати знаряддя й розвивати складні форми спілкування. Все це допомагало добувати їжу, захищатися й «тренувати» мозок.

Розвиток землеробства й перших цивілізацій дозволив людям у неймовірно короткі за планетарними масштабами строки змінити вигляд Землі, впливати на природу й чисельність видів, що живуть на ній, на живих істот.

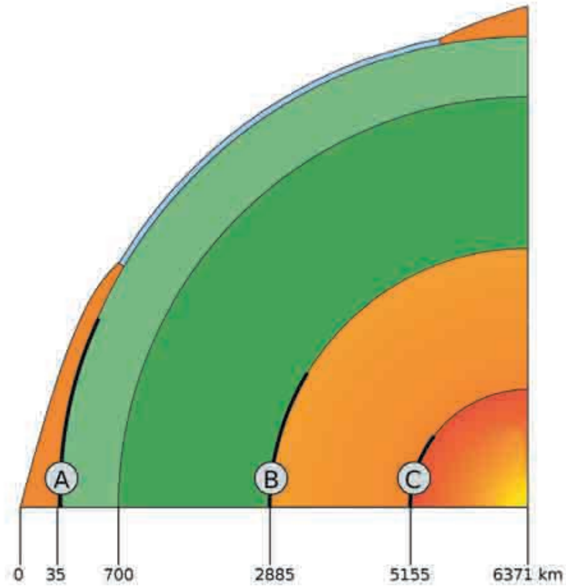
Пляма кольорових термофільних архебактерій (Національний парк Йеллоустоун, США)

ЩО В НАС ПІД НОГАМИ?

Земля належить до планет земної групи, а значить, на відміну від газових гігантів, таких як Юпітер, має тверду поверхню. У земній групі вона найбільша — як за розмірами, так і за масою. У неї найвища щільність, рівень гравітації й магнітного поля серед «сонячної четвірки».

Земля має особливу, неповторну і тільки їй властиву форму геоїда — кулясту із «потовщеннями» на екваторі. Середній діаметр нашої планети дорівнює 12 742 км. «Опуклості» на екваторі виникли завдяки обертанню Землі, тому її екваторіальний діаметр на 43 км більший, ніж відстань між полюсами планети. Найвищою точкою поверхні Землі є гора Еверест (8 848 м над рівнем моря), а найглибшою — Маріанський жолоб (10 911 м нижче рівня моря). Однак насправді найбільш віддаленою точкою від центра Землі є вершина вулкана Чімборасо, розташованого в Еквадорі.

Блакитна планета. Фото Землі з борту космічного корабля



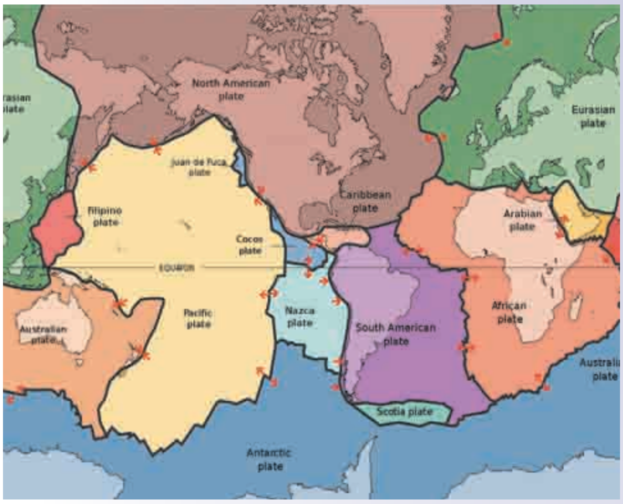
Загальна структура нашої планети: A — кора; B — мантія; C — ядро

ШАР ЗА ШАРОМ

Планета Земля, як і інші планети земної групи, має пошарову будову. Її «тіло» складається із твердих оболонок, основу яких складають сполуки кремнію, — кори й мантії, і металевого ядра. Зовнішня частина ядра рідка — вона є основним джерелом магнітного поля Землі, а внутрішня — тверда. Усередині планети панують високі температури й тиски — у ядрі вони можуть досягати 7 тис. градусів і 3,6 тис. атмосфер. Розігрів речовини відбувається за рахунок розпаду радіоактивних ізотопів калію, урану й торію. Частина гігантської теплової енергії ядра передається до земної кори за рахунок гігантських потоків пластичної речовини мантії — їх називають плюмами. Плюми при-

ЦІКАВО

Приповерхневі частини нашої планети — літосфера, гідросфера і нижні шари атмосфери — називаються географічною оболонкою. Значна частина географічної оболонки заселена живими організмами, перебуває під їхнім впливом і міняється в результаті їхньої життєдіяльності. Біосфера — глобальна екологічна система Землі — простягається до висоти 20 км в атмосфері, захоплює найглибші западини Світового океану і донні відкладення, а в літосфері її гранична межа досягає глибини 3—7 км, де температура перевищує температуру кипіння води.



Карта основних тектонічних плит земної кори. Тонкими лініями на карту нанесені сучасні обриси континентів. На межах між тектонічними плитами — розламах — можуть відбуватися землетруси, проявлятися вулканічна активність, утворюватися гори й океанські западини

зводять до виникнення «гарячих точок» на поверхні Землі, що буяють вулканами й розламами.

Найпоширеніший елемент на землі — залізо, його в загальній масі планети близько 32 %. Далі в порядку зменшення йдуть кисень (30 %), кремній (15,1 %), магній (13,9 %), сірка, нікель, кальцій та алюміній. На всі інші елементи Періодичної системи припадає ледь більше відсотка. Цікаво, що земна кора більш ніж на 47 % складається з кисню — гірські породи й мінерали, що її складають, у більшості своїй є окисами кремнію, алюмінію, заліза, калію, натрію й магнію. А це означає, що у формуванні твердої оболонки планети брали участь живі істоти — адже до їхньої масової появи кисню в атмосфері Землі і в складі мінералів було мізерно мало.

КОНТИНЕНТАЛЬНА Й ОКЕАНІЧНА

Земна кора — це тверда верхня оболонка планети. Товщина її різна — від 30—50 км під материками і до 6 км під дном океану. Від мантії кору відокремлює так звана границя Мохоровичича, відразу за якою густина речовини планети різко зростає. Континентальна кора складається із трьох геологічних шарів — осадового, гранітного й базальтового, а океанічна утворена переважно магматичними породами. Кора Землі розділена на кілька гігантських частин — тектонічних плит, які дуже повільно пересуваються одна відносно одної. Ці неквапливі переміщення тривають багато мільйонів років.

МАНТІЯ ЗЕМЛІ

Мантія складає 67 % усієї маси планети і 83 % її об'єму. Вона складається з різних сполук кремнію — силікатів, і простягається від глибини 5—70 км до глибини 2900 км. Умови на різних глибинах дуже відрізняються, але на глибині близько 660 км щільність мантії знову зростає, причому настільки, що утворюється межа, через яку речовина з нижньої частини мантії не може проникати в її верхню частину. Про склад нижньої мантії відомо зовсім небагато, але вчені вважають, що вона складається з речовини, яка майже не змінилася з тих часів, коли наша планета тільки почала формуватися. Речовина верхньої мантії пластична і здатна переміщуватися, переносячи із собою тепло з глибин ближче до поверхні. Швидкість такого переміщення становить кілька сантиметрів на рік.

ТАЄМНИЧЕ ЯДРО

Можна з упевненістю сказати, що в найближчі кілька століть ученим не вдасться одержати зразки речовини земного ядра. Це завдання технічно неймовірно складне. Учені вважають, що ядро складається із залізонікелевого сплаву з домішкою інших елементів, що мають хімічну спорідненість із залізом. Зовнішня частина ядра перебуває в рідкому стані, внутрішня — тверда. Його речовина має величезну щільність — близько 12,5 $т/м^3$ і найбільше схожа на речовину залізних метеоритів. Через недоступність ядра Землі дослідження його ведуться дистанційними методами, точність яких невелика. Сьогодні достеменно відомо тільки те, що ядро сформувалося за дуже короткий час — протягом усього 30 млн років із часу утворення Землі із протопланетарного диска.

Метеорит Хоба — найбільший із залізонікелевих метеоритів, виявлених на Землі. Маса його складає 60 т, на 84 % він складається із заліза, усе інше — кобальт і нікель. Приблизно такий склад має, за оцінками вчених, земне ядро

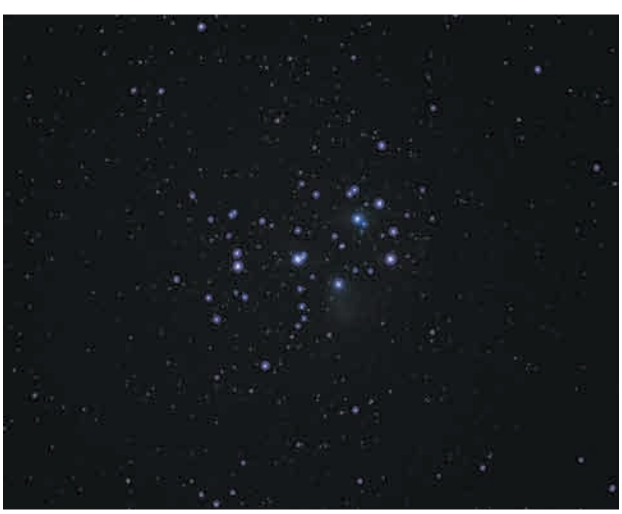
У ПОЛОНІ ГРАВІТАЦІЙНИХ СИЛ

Земля тісно пов'язана узами гравітації з іншими космічними тілами — насамперед із Сонцем і Місяцем. Наша планета, обертаючись навколо власної осі в напрямку із заходу на схід, одночасно рухається навколо Сонця і робить повний оберт приблизно за 365,26 дня. Цей відрізок часу ми й називаємо роком, а астрономи — сидеричним періодом обертання (періодом, за який тіло-супутник робить повний оборот навколо свого «хазяїна» щодо зірок). Вісь обертання Землі нахилена на 23,4° щодо площини, у якій лежить її орбіта. Місяць, у свою чергу рухаючись навколо Землі, і разом із нею — навколо Сонця, допомагає Землі зберігати постійний нахил її осі й викликає своїм тяжінням припливи, які поступово сповільнюють обертання Землі.

КУДИ МИ РУХАЄМОСЯ

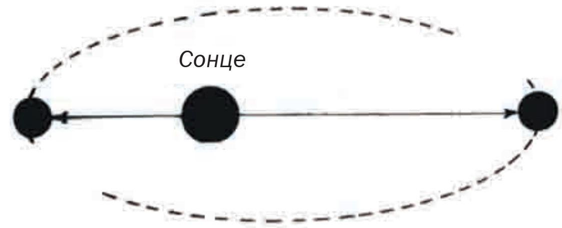
Земля робить один оборот навколо своєї осі — умовної лінії, що з'єднує Північний і Південний полюси, — за 23 години 56 хвилин і 4 секунди. Астрономи називають цей проміжок часу зоряною добою. При цьому Земля рухається навколо Сонця по орбіті, що має форму еліпса, на відстані близько 150 млн км від світила зі швидкістю 30 км/с. Швидкість руху Землі по орбіті непостійна: у липні вона починає збільшуватися, а в січні — знову сповільнюється. Сонце і вся Сонячна система рухається навколо центра галактики Молочний Шлях по круговій орбіті зі швидкістю 220 км/с і разом з нашою Галактикою рухається зі швидкістю близько 20 км/с у напрямку до точки, що розташована на межі сузір'їв Ліри й Геркулеса. Таким чином, Земля, слідом за Сонцем і Галактикою, бере участь одночасно в чотирьох видах руху.

Розсіяне зоряне скупчення в сузір'ї Геркулес. Поряд із ним розташована точка, у напрямку до якої рухаються Земля, Сонце і вся наша Галактика



ЦІКАВО

Перигелієм і афелієм називаються, відповідно, найближча і найвіддаленіша точки руху тіла-супутника навколо Сонця. Для супутників Землі використовують інші терміни — перигей і апогей.

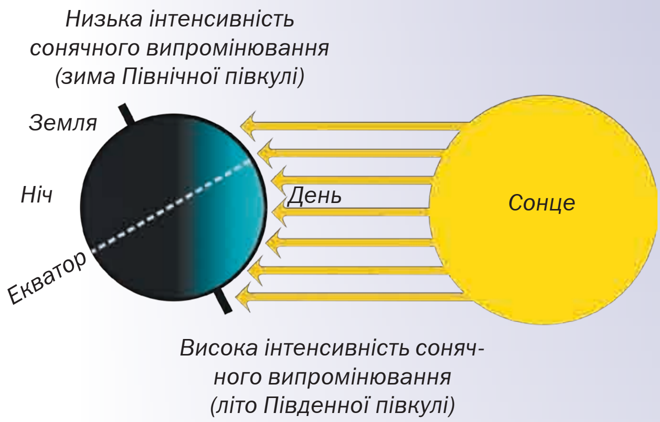


Земля в перигелії й афелії

ПОРИ РОКУ З ТОЧКИ ЗОРУ АСТРОНОМА

Через нахил земної осі висота Сонця над горизонтом протягом року змінюється. Для спостерігача в Північній півкулі, коли Північний полюс нахилений до Сонця, світлий час доби триває довше і Сонце на небі перебуває вище. Завдяки цьому поверхня Землі краще прогрівається, і середня температура повітря підвищується. Коли Північний полюс відхиляється в протилежний від Сонця бік, стає холодніше. За Північним Полярним колом у цей час майже на півроку встановлюється полярна ніч.

Ці зміни клімату, пов'язані з нахилом земної осі, є причиною зміни пір року. Настання тієї чи іншої пори року визначається сонцестояннями — моментами, коли земна вісь максимально нахилена в напрямку до Сонця або від Сонця, — і рівноденнями. Зимове сонцестояння припадає на 21 грудня, літнє — на 21 червня, весняне рівнодення — на 20 березня, а осіннє — на 23 вересня. Через нахил земної осі, коли в Північній півкулі встановлюється літо, у Південній настає зима, хоча місяці називаються однаково. Так, лютий у Північній півкулі — це останній і найхолодніший місяць зими; у Південній же півкулі — останній і найтепліший місяць літа. Ці сезонні зміни пов’язані, перш за все, із змінами кута, під яким сонячне випромінювання падає на поверхню нашої планети.



Зміна пір року (схема)

Календар народу майя, що створили у 3—10 століттях у Центральній Америці багату й своєрідну цивілізацію. Коли вченим вдалося розшифрувати систему лічби, що застосовувалася в майянських календарях, виявилося, що древні жерці зуміли визначити тривалість зоряного року навіть точніше, ніж астрономи 19 століття

Кут нахилу земної осі дещо змінюється з періодичністю в 18,6 року. Це викликано змінами сил тяжіння з боку Місяця й Сонця. При цьому полюси Землі також переміщуються на кілька метрів.

З періодами обертання Землі навколо своєї осі й Сонця пов'язано багато календарів, відомих людству. Однак найдавніші календарі були «місячними», тобто ґрунтувалися на періоді обертання Місяця навколо Землі.

ПОГЛЯД ЗБОКУ

Уперше Земля була сфотографована «зі сторони» у 1959 р. космічним апаратом «Експлорер-6». Першою людиною, що побачила Землю з космосу, став у квітні 1961 р. Юрій Гагарін, а екіпаж «Аполлона-8» у 1968 р. вперше міг спостерігати схід Землі з місячної орбіти. У 1972 р. американські космонавти з борту корабля «Аполлон-17» зробили знімок Землі, що відомий усьому людству під назвою «Блакитний мармур».

З відкритого космосу та з інших планет можна спостерігати проходження диска Землі через фази, подібні до місячних — приблизно так, як земний спостерігач може бачити фази Венери, відкриті Галілео Галілеєм.

Схід Сонця над Землею з космосу

ЄДИНИЙ І НЕРОЗЛУЧНИЙ

Відносні розміри Землі, Місяця й відстані між ними

Місяць — єдиний природний супутник Землі. Це другий за яскравістю об'єкт на земному небосхилі після Сонця. Місяць і Земля «нерозлучні» уже більше чотирьох із половиною мільярдів років, і не дивно, що саме Місяць став першим і поки єдиним небесним тілом, на якому побувала людина. Місяць входить у сімку супутників-гігантів, найбільших у Сонячній системі. Його діаметр складає 3474 км.

Нічне світило зіграло важливу роль у культурі людства — Місяць обожнювали і йому поклонялися, на основі його фаз виникли найдавніші календарі, він був одним із перших об'єктів, доступних для спостереження астрономам минулого, навіть мрії про перші польоти в космос були пов'язані саме з Місяцем.

СУПУТНИК, «ЩО ВІДЛІТАЄ»

Відстань між центрами Землі й Місяця становить 384 467 км. Місяць рухається навколо Землі по еліптичній орбіті, відчуваючи не тільки тяжіння своєї «господарки», але і вдвічі більше притягання Сонця. Тому в русі нашого супутника чимало дивного, багато відхилень, які, втім, помітні тільки фахівцям.

Орбіта Місяця лежить не точно в площині екліптики, у якій обертаються навколо Сонця всі інші планети, а нахилена до неї під невеликим кутом — близько 5 градусів. Якби цього нахилу не існувало, повні затемнення Сонця відбувалися б щомісяця і не вважалися б таким унікальним явищем. У своєму русі Місяць поступово віддаляється від Землі (приблизно на 4 см на рік), так що, коротко кажучи, його орбіта являє собою спіраль, що поступово розкручується.

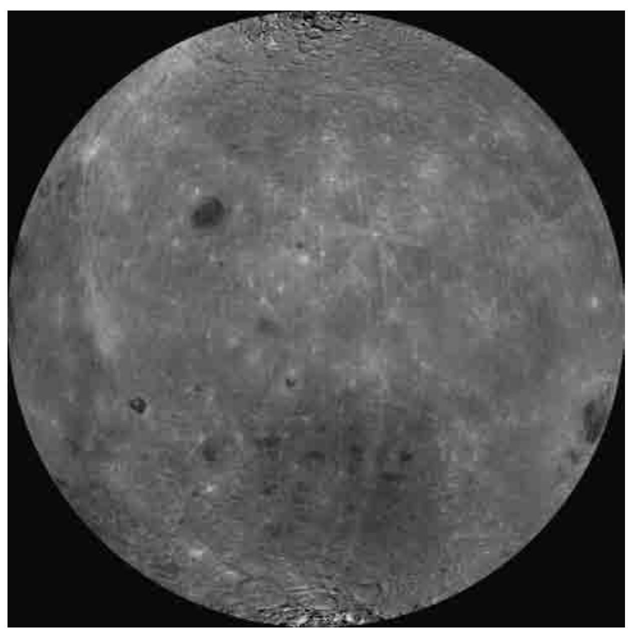
Повний оберт навколо Землі Місяць робить за 27,3 земної доби. Цей проміжок часу одержав назву сидеричного, або місячного місяця. При цьому час одного оберту Місяця навколо Землі точно збігається з часом одного оберту Місяця навколо власної осі. Тому ми й бачимо Місяць завжди повернерним до Землі одним боком.

Місяць для земного спостерігача рухається із заходу на схід і щовечора відхиляється ліворуч в середньому на 12 градусів. Тому місячна доба, тобто час від одного сходу Місяця до іншого, має тривалість 25 годин.

Світіння Місяця — це всього лише відбиття сонячного світла, що падає на нього. От чому із Землі видима тільки освітлена частина його поверхні. При обертанні Місяця навколо Землі кут між Землею, Місяцем і Сонцем постійно міняється — ми спостерігаємо це явище як зміну місячних фаз. Однак за той час, доки Місяць прямує по

Повний Місяць

Зворотний бік нашого сусіда



навколоземній орбіті, Земля встигає пройти значну відстань навколо Сонця. Тому для того щоб знову опинитися між Землею і Сонцем і почати новий цикл місячних фаз, нашому супутникові потрібно ще близько двох діб. У такий спосіб від молодика до молодика проходить 29,5 дня. Цей період називається синодичним місяцем. Основні фази Місяця: молодик, перша чверть, повня, остання чверть.

Через особливе явище, яке астрономи називають лібрацією (у перекладі з латині — «погойдування»), погляду спостерігача періодично відкриваються невеликі області, що розташовані на звороті Місяця. Завдяки цьому астрономам минулого було відомо приблизно 59 % його поверхні.

НА ПОВЕРХНІ МІСЯЦЯ

Умови на поверхні нашого супутника більш ніж суворі. Температура на освітленому боці досягає +130 °С, у тіні ж вона стрімко падає до –160 °С. Атмосфери в Місяця практично немає, і лише в розпал місячного дня розігріті гірські породи починають виділяти деяку кількість газів, в основному водню. Небо на Місяці завжди чорне, навіть удень. Центральне місце на ньому займає величезний диск Землі, що на Місяці виглядає в 3,7 раза більшим, ніж Місяць із Землі. Земля освітлює Місяць відбитим сонячним світлом майже в 50 разів сильніше, ніж Місяць Землю.

Поверхня Місяця покрита шаром реголіту — суміші тонкого пилу і скельних уламків, що утворилися при зіткненнях метеорів із місячною поверхнею. Товщина реголіту в деяких ділянках нашого супутника досягає кількох десятків метрів. Він досить щільний, щоб по ньому могли пересуватися масивні тіла — місяцеходи.

Сила тяжіння на Місяці в 6 разів менша, ніж на Землі, — адже маса Місяця у 80 разів менша за земну.

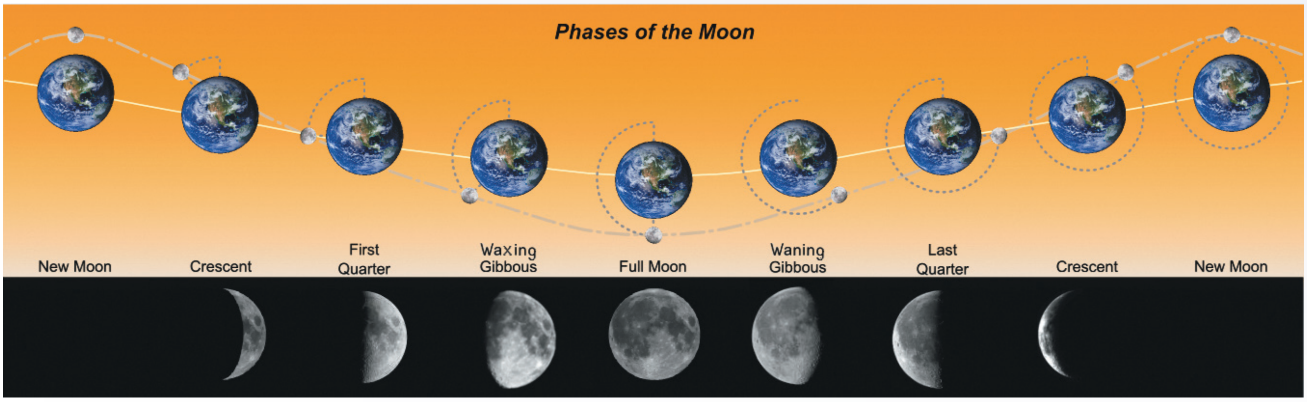
Як і його «господарка», Місяць має складну внутрішню будову. Товщина його кори в середньому становить 68 км. Під корою перебуває мантія й невелике ядро, що складається із сірчистого заліза. Маса місячного ядра становить не більше 2 % від загальної маси Місяця. Цікаво, що на тому боці нашого супутника, що повернутий до Землі, кора більш тонка, а на поверхні моря Криз мантія виходить прямо до поверхні.

У місячних «морях» немає ні краплі води. Її взагалі практично немає на Місяці — за умов відсутності атмосфери вода або миттєво випаровується, або замерзає. А «морями» за традицією продовжують називати великі темні ділянки на поверхні Місяця, видимі навіть неозброєним оком. Вони утворені глибинними породами, викинутими на поверхню виверженнями древніх вулканів.

Кратери на поверхні нашого найближчого сусіда утворилися як у результаті вулканічної діяльності, так і при падінні метеоритів. Найбільше їх на світлих ділянках місячної поверхні. Це так звані «материкові зони», які зберегли свою поверхню з дуже далеких часів.

При ударі великого метеориту, що летить із космічною швидкістю, об місячну поверхню, відбувається потужний вибух, при якому випаровується й сам метеорит, і частина гірських порід. Це призводить до утворення великого заглиблення правильної форми — кратера, який оточує кільцевий вал із викинутої гірської породи.

Фази Місяця



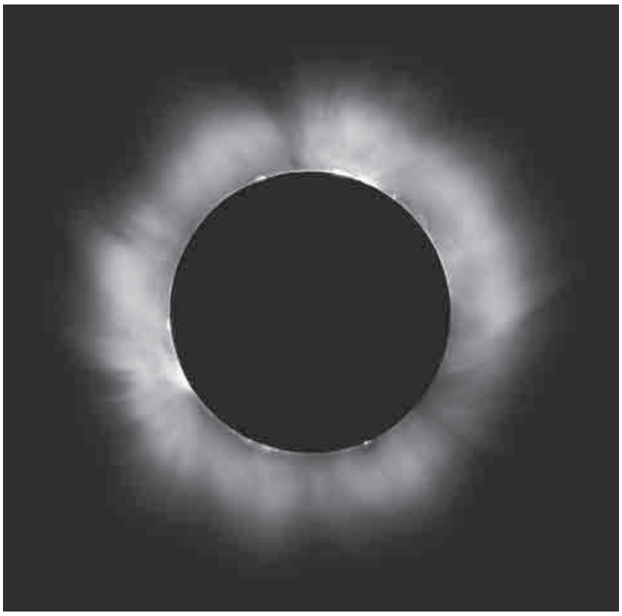
ПОЛУДЕННИЙ МОРОК І ПРИБІЙ БЕЗ ВІТРУ

Природа подарувала нам можливість спостерігати ряд незвичайних явищ — космічних «спектаклів» за участю Сонця, Місяця й Землі. Це сонячні й місячні затемнення. Із глибокої давнини темрява, що раптово наступає у розпал сонячного дня, або незвичайна зміна забарвлення місячного диска вселяли в серця людей тривогу, служили джерелом марновірств і сприймалися як недобра ознака. Однак уже в Стародавньому Єгипті й античній Греції вчені зрозуміли природу цих явищ і навчилися досить точно пророкувати час настання сонячних і місячних затемнень. Сучасні астрономи використовують затемнення, особливо сонячні, для дослідження корони й найближчих околиць Сонця. Так, у 1868 р. французький дослідник П. Жансен, досліджуючи хромосферу Сонця під час затемнення, відкрив у її спектрі невідомий раніше на Землі елемент — гелій. А в 1882 р. під час повного затемнення спостерігачами з Єгипту була помічена комета, що пролітала поблизу Сонця. Вона одержала відповідну назву — Комета Затемнення.

МІЖ ЗЕМЛЕЮ Й СОНЦЕМ

Сонячне затемнення відбувається, коли Місяць опиняється між Землею й Сонцем і закриває (затемнює) його. Сонце приблизно в чотириста разів більше за Місяць, однак на небосхилі

Повне сонячне затемнення. На фото добре видно «діамантове кільце»



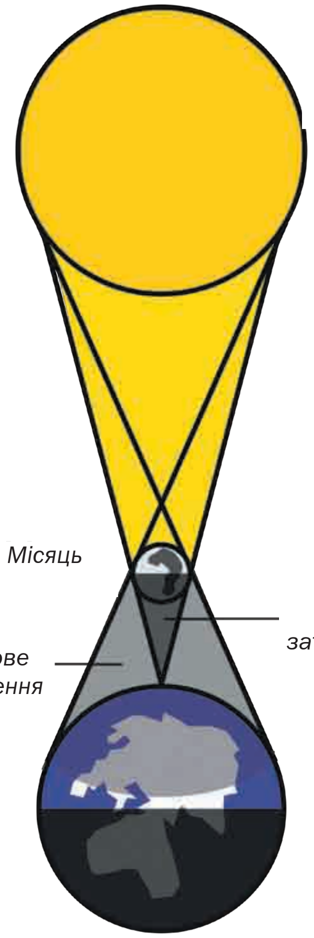


Схема затемнення Сонця

нашої планети обидва світила мають однаковий кутовий розмір — біля половини градуса. Коли Місяць опиняється точно між Сонцем і Землею, його диск повністю перекриває диск Сонця. У ці рідкісні моменти можна чітко бачити сонячну атмосферу, протуберанці й сонячну корону, які можуть багато чого розповісти дослідникам про активність нашої зірки. Коли наступає повне затемнення, можна спостерігати явище надзвичайної краси — «діамантове кільце» уздовж краю темного місячного диска. Місячна тінь, що падає на поверхню Землі, має форму конуса, тому спостерігати повне сонячне затемнення можна тільки у вузькій смузі, що простягнулася по поверхні Землі зі сходу на захід. У цей час космонавти, що перебувають на орбіті, можуть спостерігати «ковзання» плями місячної тіні по Землі.

Сонячні затемнення відбуваються частіше за місячні, але побачити повне затемнення з однієї й тієї ж точки можна тільки раз на 300 років.

Тінь від Місяця на поверхні Землі. Знімок із Міжнародної космічної станції

МІСЯЦЬ У ТІНІ

Місячне затемнення — по-своєму унікальне видовище. Воно відбувається тоді, коли Місяць проходить через тінь, що відкидається в просторі Землею. Диск Місяця, трохи підсвічений відбитим світлом, набуває лиховісно-багряного й коричнево-бурого забарвлення. Край земної тіні, що накриває під час затемнення Місяць, має чітко видиме заокруглення. Саме це послужило для древніх астрономів незаперечним доказом того, що Земля має форму кулі. Спостерігати місячне затемнення можна по всій поверхні Землі, звідки в цей момент видимий Місяць, — тобто на неосвітленій частині земної кулі вночі. Астронавт, який перебуває на Місяці, у момент повного місячного затемнення може спостерігати повне сонячне затемнення.

Щороку відбувається мінімум два місячних затемнення.

ПРИПЛИВИ Й ВІДЛИВИ

Взаємодія гравітаційних сил Землі, Місяця й Сонця також служить джерелом різних явищ, що відбуваються на Землі. Найвідоміші серед них — морські припливи й відливи. Якби нам вдалося глянути на Землю збоку, ми могли б помітити дві «опуклості», що розташовані на протилежних боках планети. Зрозуміло, з космосу роздивитися їх практично неможливо, але вони існують, і це відчувають жителі більшості приморських регіонів нашої планети. Одна з «опуклостей» розміщується на тому боці Землі, який найближчим в цей момент до Місяця, інша — на протилежному боці, найбільш віддаленому від нашого супутника. Складається враження, що під впливом сили тяжіння Місяця по поверхні Землі — по морю й суші — біжить хвиля, що складається із земної речовини.

У Світовому океані припливи проявляються набагато сильніше, ніж у твердій земній корі — але навіть на відкритих просторах океану різниця рівнів поверхні припливу й відливу становить близько 40 см. Вся потужність цього явища стає видимою біля берегів, де через набігання приливної хвилі на тверде дно її висота різко збільшується. На узбережжі Західної Європи рівень припливу досягає 3—7 м, а найбільша на Землі різниця між рівнем припливу й відливу зареєстрована в затоці Фанді в Канаді — вона становить 18 м.

Висота приливної хвилі ніколи не буває однією і тією ж, тому що в її утворенні бере участь не тільки Місяць, але й Сонце. Найвищі припливи трапляються тоді, коли Місяць і Сонце опиняються в такому положенні, що їхні гравітаційні поля «додаються». Однак сама по собі припливотворча сила Сонця значно менша, ніж у Місяця — адже воно розташоване в 400 разів далі від Землі.

ЦІКАВО

Сонячні затемнення відбуваються тільки в молодику, а місячні — тільки в повні. Коли місяць видимий на денному небі, що трапляється нерідко, сонячні затемнення ніколи не трапляються. Глянувши на схему сонячного затемнення, легко здогадатися, чому це відбувається.

Фази місячного затемнення. Чітко видима округлість тіні нашої планети на поверхні Місяця

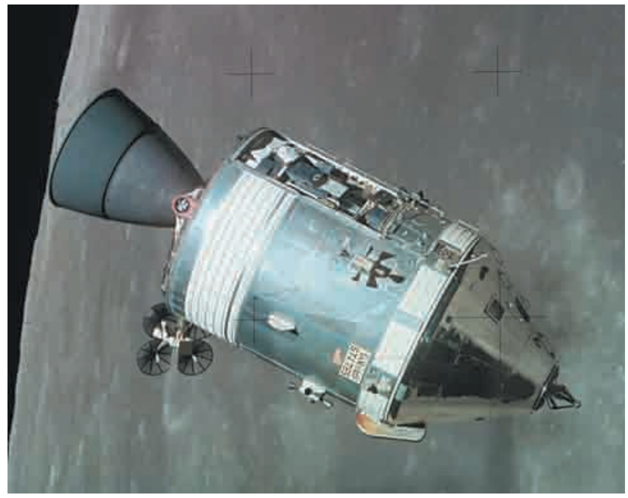
КРОКИ ДО МІСЯЦЯ

Погляди людей із найдавніших часів спрямовувалися до Місяця. Циклами зміни місячних фаз відраховували час на Землі, мореплавці вміло використовували припливи й відливи для плавання в мілководних гирлах великих рік, світло Місяця дозволяло орієнтуватися в нічній темряві. Намагаючись зрозуміти «дивацтва» поведінки нашого супутника в зоряному небі, астрономи Стародавньої Греції вже у 2 столітті до н. е. визначили нахил місячної орбіти щодо площини екліптики й багато особливостей його руху. Всі доступні в той час відомості про Місяць були зібрані великим античним астрономом і географом Клавдієм Птолемеєм у його праці «Альмагест», що протягом півтори тисячі років уважався «біблією» астрономів і навігаторів.

ІЗ ТЕЛЕСКОПОМ І ФОТОКАМЕРОЮ

Створення перших телескопів дозволило досліджувати деталі рельєфу Місяця. У 1651 р. італійський астроном Дж. Річчіолі склав одну з перших місячних карт і дав назви місячним «морям», якими ми користуємося дотепер. У цих назвах відобразилися уявлення про те, що Місяць нібито в усьому, в тому числі й у кліматі, подібний до Землі. Дж. Річчіолі поклав початок традиції давати місячним кратерам імена видатних учених і філософів — від Платона й Арістотеля до Ціолковського та Івана Павлова. Темні ділянки місячної поверхні вважалися в 17—18 століттях заповненими водою, більш світлі — сушею. Але вже у 1753 р. хорватський астроном Р. Бошкович довів, що Місяць не має атмосфери — і зробив це найпростішим способом. Справа в тому, що коли Місяць у своєму русі закриває зірки, вони зникають миттєво. Але

Карта Місяця, складена Дж. Річчіолі



Космічний корабель «Аполлон» на місячній орбіті

якби в Місяця була атмосфера, то зірки «згасали» б поступово в міру наближення до краю місячного диска. А відсутність атмосфери означала, що рідкої води на поверхні Місяця немає й бути не може — вона б миттєво випарувалася.

Із середини 19 століття у спостереженнях за Місяцем почала використовуватися фотографія. Це дозволило буквально «крок за кроком» проаналізувати поверхню видимого боку Місяця. У 1881 р. французький астроном Ж. Янссен склав перший «Фотографічний атлас Місяця».

НА ПОРОЗІ «МІСЯЧНОГО ДОМУ»

На цьому дослідження Місяця надовго застопорилося. У 20 столітті росла потужність і роздільна здатність астрономічних інструментів, але це лише дозволяло побачити більш дрібні деталі рельєфу і одержати спектри відбитого світла різних областей нашого супутника. Тільки з початком космічної

«Луноход-3»

Перші кроки людини по Місяцю

ери обсяг знань про Місяць почав зростати подібно до лавини.

13 вересня 1959 р. космічний апарат «Луна-2» (СРСР) уперше в історії досяг поверхні Місяця. У тому ж році станція «Луна-3» пролетіла поблизу Місяця і передала на Землю фото тієї частини місячної поверхні, яку ніколи не бачив жоден землянин. Одночасно в США почалася реалізація проекту з висадження людини на Місяць «Аполлон». Космічні апарати «Сервейєр» і «Лунар орбітер» здійснили перші м'які посадки на її поверхню й передали детальні зображення практично всього Місяця з малої висоти.

У ході космічних пілотованих польотів за програмою «Аполлон» від 1969 до 1972 р. було здійснено шість вдалих висаджень земних астронавтів на поверхню Місяця. Першою людиною, що ступила на поверхню нашого супутника, став американець Ніл Армстронг — це відбулося 21 липня 1969 р. Місяць став єдиним небесним тілом, на якому побували люди. На Землю була доставлена велика кількість зразків місячного ґрунту й гірських порід — близько 380 кг. Лише через кілька років були відправлені на Місяць радянські радіокеровані самохідні дослідницькі лабораторії «Луноход-1» і «Луноход-2», а в 1976 р. космічний апарат «Луна-24» (СРСР) доставив на Землю нові зразки місячного ґрунту, але в кількості всього лише 324 г.

Після цього польоти до Місяця були надовго припинені — занадто дорогими виявилися проекти, і ненадійними — космічні кораблі того часу. Тільки на початку 21 століття на Місяць відправилися дослідницькі апарати, створені в Китаї, Японії, Євросоюзі й Індії. Вони не принесли нових видатних відкриттів, але дозволили цим країнам удосконалити власні ракетно-космічні системи. У 2004 р. в США було оголошено про початок створення нового покоління пілотованих космічних кораблів, здатних до 2020 р. доставити на Місяць астронавтів і закласти перші постійні місячні бази землян.

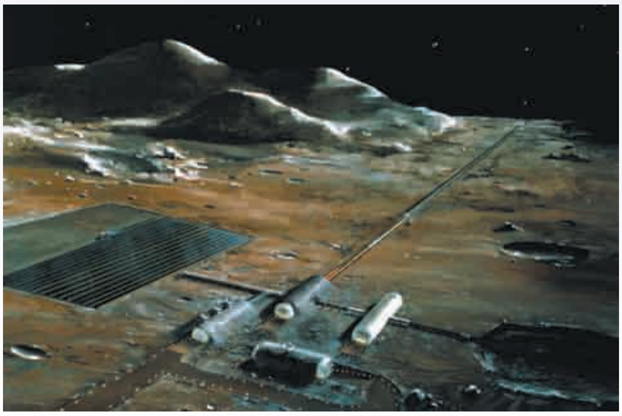
Зворотний бік Місяця являє собою ідеальне місце для створення найбільшої астрономічної обсерваторії. Оптичним телескопам, установленим там, не довелося б «пробиватися» крізь щільну земну атмосферу. А для радіотелескопів сам Місяць послужив би природним щитом із твердих гірських порід, що надійно прикрив би надчутливі приймачі випромінювання від будь-яких перешкод із Землі.

ЦІКАВО

Японський зонд «Кагуя» виявив таємничий отвір у поверхні Місяця, що, за припущеннями учених, веде в тунель або велику печеру. Діаметр отвору становить близько 65 м, а глибина — більше 80 м. Такі тунелі могли формуватися в період високої вулканічної активності Місяця при остиганні розпеченої лави.

Гігантські печери під місячною поверхнею можуть стати основою для створення баз на нашому супутнику — зводи печер добре захищають від твердої сонячної радіації, а в замкнутому просторі набагато простіше підтримувати необхідні для нормального життя людей умови.

Проект місячної бази, розроблений НАСА



ЗЕМЛЯ ТА ЇЇ МАЙБУТНЄ

14 лютого 1990 р. космічний апарат «Вояджер», що закінчив свою місію в Сонячній системі і попрямував у міжзоряний простір, одержав із Землі команду розвернутися і зробити прощальну фотографію нашої планети. На цей момент «Вояджер» перебував на відстані 6 млрд км від Землі. Результатом став знаменитий знімок, на якому Земля займає простір менше одного пікселя. Недарма у вчених і преси він одержав назву «Блідо-блакитна точка».

Прославлений американський астроном, астрофізик і популяризатор науки Карл Саган (1934—1996 рр.), якому належала ідея наддалекого знімка, писав: «Гляньте ще раз на цю блідо-блакитну точку. Це наше «тут». Це наш дім. Це ми. Всі, кого ви любите, всі, кого ви знаєте, всі, про кого ви коли-небудь чули. Кожна людина, що колись народилася, прожила своє життя на ній. Всі наші радості й страждання, тисячі релігій, ідеологій та економічних учень, кожен мисливець і збирач, кожен герой і боягуз, кожен творець і руйнівник цивілізацій, кожен король і селянин, кожна закохана юна пара, кожна мати й кожен батько, кожна здібна дитина, винахідник і мандрівник, духовний учитель і продажний політик, кожна «суперзірка», кожен «національний лідер», кожен святий і грішник в історії нашого виду жили там — на порошині, що висить у промені сонячного світла. Земля — дуже маленька сцена на неосяжній космічній арені. Наша зарозумілість, наша уявна значимість, ілюзія про наше особливе становище у Всесвіті ніщо перед цією крапкою блідого світла. Наша планета — самотня крупинка у величезному космічному мороці. І немає ані найменшого натяку на те, що якщо ми заженемо себе в глухий кут, хтось прийде ззовні, щоб урятувати нас.

Земля поки що — єдиний відомий світ, що прихистив життя. Нашому виду нікуди переселятися — принаймні, у найближчому майбутньому. Побувати — так. Оселитися — ще ні. Подобається вам це чи ні, на даний момент Земля — наш дім. І цей знімок підкреслює наш обов'язок бути добрішими один до одного, берегти й плекати блідо-блакитну точку — єдиний дім, що в нас є».

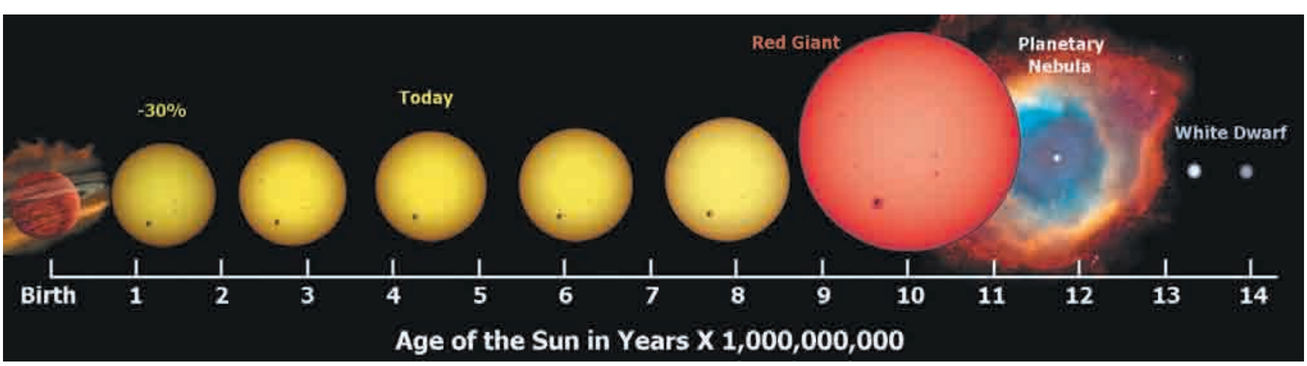
Приблизно так міг би виглядати схід Сонця на Землі через 5 млрд років

РОЗДІЛИВШИ ДОЛЮ ІЗ СОНЦЕМ

У багатьох країнах усе більш масовим стає рух на захист навколишнього середовища. Його прихильники висловлюють тривогу з приводу зростаючого впливу промислової діяльності людства на природу Землі, виступають за захист природних ресурсів, за ліквідацію джерел забруднення атмосфери, океанів і рік, ґрунту.

Однак майбутнє нашої планети залежить не тільки від людства і його економічної стратегії, але й від головного джерела енергії на Землі — Сонця, на якому відбуваються складні й не завжди передбачувані процеси. У ядрі нашої зірки накопичується все більша кількість «відпрацьованого» гелію — він утворюється в ході термоядерних реакцій у сонячних глибинах. Через це світність Сонця починає повільно зростати. Це тривалий процес, і строки в нього астрономічні — знадобиться близько 4 млрд років, щоб вона зросла наполовину. Збільшення кількості сонячного випромінювання, що падає на поверхню Землі, призведе до катастрофічних наслідків, включаючи повне випа-

Цикл життя Сонця



ЦІКАВО

Деякі невеликі астероїди вдається виявити буквально за лічені години до їхнього зближення із Землею. Так, астероїд 2008 TC3 був помічений спостерігачами всього за 20 годин до того, як він повністю згорів в атмосфері над Суданом. Семиметрова скеля — астероїд 2009 VA — промчала 9 листопада 2009 р. на відстані 14 тис. км від Землі, а невеликий астероїд 2004 FU162 діаметром близько 6 м у березні 2004 року пройшов зовсім «поряд» — за 6500 км від нашої планети.

Зіткнення астероїда з атмосферою Землі

ровування всіх океанів і загибель рослинного покриву.

Але навіть якби Сонце залишалося вічним і незмінним, внутрішнє «остигання» Землі, що триває, може привести до втрати більшої частини атмосфери й океанів (через зниження вулканічної активності), а ще через мільярд років вода з поверхні планети повністю зникне.

Через 5 млрд років Сонце через «вигоряння» водню в складі його речовини перетвориться в «червоного гіганта» — величезну багряну зірку, розміри якої досягнуть розмірів сучасної орбіти Землі. На той час і орбіта Землі може віддалитися від Сонця, оскільки його тяжіння ослабне. І хоча Земля зможе уникнути поглинання Сонцем, більша частина живих організмів зникне через катастрофічну близькість до зірки. Надалі Сонце скине оболонки і перетвориться на «білий карлик». Якщо Земля вціліє у цих космічних пертурбаціях, то зможе існувати ще багато мільярдів років — доти, доки буде існувати Всесвіт. Але якою вона буде, Земля цих неймовірно далеких днів, — важко сказати.

ЗАГРОЗА З ОРБІТИ

У Сонячній системі переміщується величезна кількість комет, астероїдів і великих метеорних тіл. Більшість їх зосереджена між орбітами Марса і Юпітера, але час від часу деякі з цих космічних об'єктів міняють звичні орбіти через зіткнення або гравітаційні збурення і опиняються поблизу Землі. Рідше це трапляється з кометами, але астероїди становлять реальну небезпеку, тому за їхнім рухом пильно стежать астрономи.

У минулому Землі не раз доводилося переживати зіткнення з астероїдами різних розмірів. Дослідники думають, що результатом таких подій стало утворення западини Тихого океану й загибель динозаврів. Невеликий астероїд діаметром 20—30 м, що рухається зі швидкістю 20 км/с, при падінні на Землю виділяє стільки ж енергії, як вибух ядерного заряду потужністю в мегатонну в тротиловому еквіваленті.

Астероїди таких розмірів можуть завдати колосальної шкоди, але не загрожують планеті глобальною катастрофою. Тому увага «небесних патрулів» прикута до малих небесних тіл, чиї розміри перевищують половину кілометра. Одним із них є відкритий у 2004 р. астероїд Апофіс, чия орбіта зблизиться із Землею в 2029 р. на відстань 29 тис. км. При цьому існує приблизно один шанс зі ста на те, що може відбутися зіткнення астероїда з нашою планетою, тому вже зараз всі переміщення Апофіса по орбіті ретельно відслідковуються і розробляються плани його знищення, якщо ймовірність зіткнення стане справді великою. Падіння такого космічного тіла, як Апофіс, на Землю може призвести до повного знищення міст і сіл у радіусі 300 км, гігантських цунамі на морі і непередбачуваних екологічних змін. Досить сказати, що енергія його зіткнення із Землею може дорівнювати енергії вибуху 1717 ядерних боєзарядів.

Кратер Госсіз-Блафф в Австралії утворився при падінні невеликого астероїда близько 180 млн років тому. Діаметр кратера — 24 км

НЕБО ЗЕМЛІ

Ми називаємо небом простір над Землею і ту величну панораму, що відкривається перед спостерігачем при погляді з поверхні планети в напрямку космосу. Небо Землі — гігантське вікно у Всесвіт, і якщо воно не покрите шарами хмарності і атмосфера прозора, перед нами одна за одною, міняючись, пропливають картини інших світів. Адже Земля невпинно рухається, і космічні пейзажі змінюють один одного — сходять одні світила й заходять інші, повільно «повертається» купол небосхилу, засіяний нерухомими зірками, в залежності від пори року нові ділянки неба стають доступними для огляду, а інші зникають.

Світила — ось те, що в першу чергу ми помічаємо на небі. Їх багато, і вони надзвичайно різноманітні.

СЯЙВО ДНЯ

Вигляд земного неба залежить від часу доби, пори року й погоди. Денне небо — шар атмосфери, який між сходом і заходом Сонця видно з поверхні Землі, воно має всі відтінки блакитного кольору, а при сході й заході Сонця набуває жовтого, жовтогарячого і червоного кольору. У денному небі панує єдине світило — Сонце, настільки яскраве, що око не витримує прямого погляду на нього, а спроби довго дивитися на сонячний диск можуть завдати шкоди зору. Насправді Сонце на денному небі оточує безліч зірок, однак його промені, що розсіюються атмосферою Землі, створюють настільки яскраве блакитне тло, що слабкі джерела світла на ньому практично неможливо виявити. З інших світил удень можна побачити тільки Місяць — бліду білувату тінь головного нічного світила.

Ранкове сонце над схилом Ельбруса. Висота — 5000 м

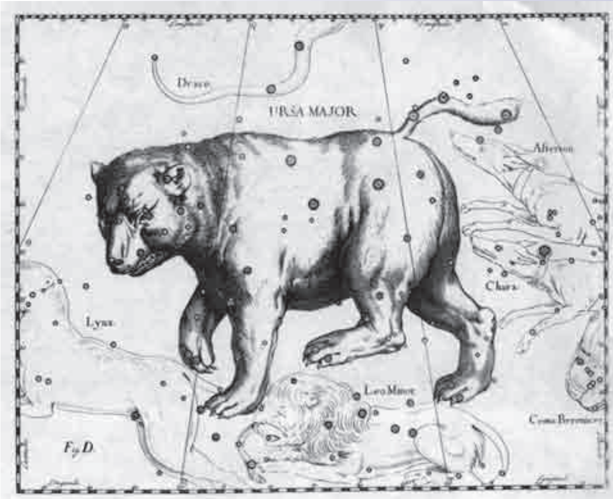
НА ТЕМНОМУ ОКСАМИТІ НЕБЕС

Уночі земне небо зафарбовується в темно-сині тони, які можуть сприйматися неозброєним оком як чорний колір. На цьому тлі чітко видно Місяць, зірки та інші астрономічні об'єкти.

Зоряним небом прийнято називати всю величезну кількість світил, які можна побачити в нічний час на небесному схилі. Їх тисячі, і найбільше серед них зірок. За межами великих міст, де повітря забруднене вихлопними газами, пилом і підсвічене міськими вогнями, людське око здатне одним поглядом охопити більше трьох тисяч зірок.

Взаємне розташування зірок майже не міняється протягом багатьох століть, і ще наші далекі предки об'єднали зірки в групи з характерними обрисами — сузір'я. У різних кінцях Землі це робили по-різному, тому кількість і назви сузір'їв із часом мінялися. Так, у Стародавньому Китаї їх налічували більше двохсот, у Стародавній Греції — усього 47, а в наші дні астрономи користуються списком із 88 сузір'їв, до якого входять і всі відомі стародавнім грекам. У 1935 р. Міжнародний

Денне небо Землі з борту висотного літака



Сузір'я Великий Ківш — на небі і в атласі Яна Гевелія «Уранографія» (1690 р.)

астрономічний союз прийняв рішення ніколи більше не змінювати назв сузір'їв і їх межі, інакше користування зоряними картами й атласами стане неможливим.

«МАНДРІВНІ ЗОРІ»

Саме так перекладається з давньогрецької слово «планети». На відміну від нерухомих зірок, ці світила постійно змінюють своє положення на небосхилі. Іноді вони стають невидимими — це відбувається в тих випадках, коли та чи інша планета візуально стає занадто близько до Сонця і зникає в його променях. Більшість планет виглядають як яскраві небесні об'єкти, хоч вони і не випромінюють власного світла, а тільки відбивають світло Сонця, що падає на них. Це пов'язано з тим, що розташовані вони в сотні тисяч разів ближче до Землі, ніж навіть найближчі зірки.

Планети нескладно відрізнити від інших світил не тільки за їхніми переміщеннями — вони майже не мерехтять. Зірки ми бачимо як світні точки, і найменший рух повітря в атмосфері змушує їх мерехтіти. Планети ж ми, навіть не усвідомлюючи цього, бачимо як мікроскопічні диски. Світло від них приходить до нас відразу з багатьох точок, і атмосферні спотворення наче «гасять» одне одне.

Серед усіх світил нічного неба найшвидше переміщується на тлі зірок Місяць, змінюючи свої фази одну за одною.

Часом на небокраї можна бачити й інші світила — комети, вогненні боліди, сліди падіння метеорів. Але про них доведеться розповісти окремо й більш докладно.

Навіть неозброєним оком легко помітити, що нерухомі зірки відрізняються як яскравістю, так і кольорами. Ще давньогрецький астроном

Боги римського пантеону, на честь яких одержали свої імена планети Сонячної системи: Юпітер, Меркурій, Марс, Венера, Сатурн, Місяць (Селена), Земля (Гея), Нептун. Багато цивілізацій минулого приписували планетам божественне начало або, принаймні, великий вплив на події, що відбуваються на Землі

Гіппарх у 2 столітті до н. е. розділив усі зірки за їхнім блиском на 6 класів. Найяскравіші — зірки першої величини, найслабші — шостої. Зірки однієї зоряної величини відрізняються за яскравістю від наступного класу приблизно в 2,5 разу. Таким чином, зірки першої величини в сто разів яскравіші, ніж зірки шостої величини. У сучасній астрономії прийняті набагато точніші способи вимірювання кількості світла, що випромінюється зірками. Для цього використовуються надчутливі фотометри. Тому в зоряних каталогах можна побачити не тільки дробові, але навіть від'ємні зоряні величини.

Колір зірок — червонуватий, жовтий, блакитнувато-білий — залежить насамперед від температури їхньої поверхні. Найвищу температуру мають блакитні й білі світила — до 30—50 тис. градусів, а найнижчу — біля 3 тис. градусів — червоні й коричневі.

«ХОРИ СТРУНКІ СВІТИЛ...»

Для того щоб вільно орієнтуватися серед безлічі зірок, ще в глибоку давнину люди відшукали серед них групи з характерними обрисами, кожна з яких одержала власну назву. У сузір'я входять зірки, візуально розташовані на небосхилі близько одна від одної, але це не означає, що насправді вони є «сусідами». Світила, які ми бачимо на невеликій відстані одне від одного, у космічному просторі можуть розділятися десятками тисяч світлових років.

І все-таки для того щоб зрозуміло описати вигляд нічного неба і взаємне розташування світил на ньому, доводиться використовувати найдавніший спосіб: потрібно уявити, що небо являє собою гігантську сферу, усередині якої ми перебуваємо. Саме так уявляли собі Всесвіт стародавні греки — нерухома Земля займає центр світу, а навколо неї обертаються кришталеві сфери із прикріпленими до них світилами. Сучасні астрономи використовують таку уявну сферу як свого роду гігантський екран, на який «проектуються» зображення близьких і далеких зірок, що складаються в знайомі обриси сузір'їв.

НАВІЩО ДІЛИТИ НЕБОСХИЛ

Щоб визначити положення світил на такій уявній сфері, відстані між ними і їхні взаємні переміщення, найпростіше виміряти кути між ними. Якщо подумки провести пряму від ока спостерігача до одного зі світил, потім до іншого, а потім визначити кут між цими прямими, ми одержимо кутову відстань між зірками. Вимірювати її доведеться не у звичайних одиницях відстані, а в градусах, мінутах і секундах дуги окружності.

У минулому сузір'ям вважалася сама група зірок, що утворюють характерний малюнок. Однак із розвитком астрономії й появою потужних інструментів спостереження виявилося, що, крім добре помітних зірок, до складу сузір'їв входить безліч слабко світних об'єктів, які не розрізняються звичайним оком. Це віддалені зірки, туманності, цілі галактики й інші космічні об'єкти. Деякі з них перебувають за межами сузір'їв і на кордонах між ними, тому виникла проблема, до якого сузір'я їх віднести. Уже в 20 столітті астрономи домовилися про те, щоб вважати сузір'ями не групи зірок, а ділянки небесної сфери, що займають певну площу, причому межі між ними були проведені по лініях рівних астрономічних координат.

Так вся небесна сфера була розділена на 88 ділянок, кожною з яких «володіє» те чи інше сузір'я.

ЗОРЯНІ ІМЕНА

Усі сузір'я і більшість яскравих зірок носять власні імена. Частина з них прийшла із Древньої Греції й пов'язана з міфічними героями, легендарними тваринами, персонажами легенд і сказань. Це сузір'я Геркулеса, Центавра, Тільця, Цефея, Кассіопеї, Андромеди, Пегаса і ряд інших. Однак грецьким астрономам було недоступне спостереження за багатьма екваторіальними сузір'ями і сузір'ями Південної півкулі. Європейці вперше побачили їх лише в епоху Великих географічних відкриттів. Тому й назви їм присвоювалися екзотичні — Павич, Тукан, Індіанець, Південний Хрест, Райський Птах. Епоха стрімкого промислового й технічного розвитку Європи також залишила

Атлас Coelestis (1742) Йогана Габриеля Доппельмайєра

свій слід на небі — у цей час з'явилися сузір'я Компас, Косинець, Телескоп, Насос.

На перший погляд назви багатьох сузір'їв здаються дивними і такими, що не мають ніякого відношення до реального сполучення зірок. Однак якщо заглянути в стародавні атласи зоряного неба, можна зрозуміти, яким чином в уяві людей минулого зоряні розсипи трансформувалися у звірів, птахів, напівбогів і героїв. За усталеним звичаєм зірки, що входять до складу сузір'їв, позначаються буквами грецького алфавіту — наприклад, альфа Ліри — Вега, бета Оріона — Рігель.

Власні імена носять також великі зоряні скупчення — такі, як Плеяди.

ЦІКАВО

Імена є й у багатьох яскравих зірок. Частина їх присвоєна світилам у Стародавній Греції, але ще більше зустрічається серед них арабських імен. Із 3 століття до н. е. грецькі астрономи почали складання зоряних каталогів, у які вносилися зірки із вказівкою їхніх небесних координат і величини. Так, у каталог Гіппарха, один із перших, що дійшли до наших днів, було включено 1018 зірок, у каталоги середньовічних арабських астрономів входило майже стільки ж зірок, але вимірювання їхнього положення було виконане з більшою точністю. У сучасні зоряні каталоги внесено більше мільйона зірок із точними даними про їхню зоряну величину, власний рух і паралакси. У каталогах більшість світил позначають сполученням букв і номером, і тільки «найвидатніші» зберігають власні імена.

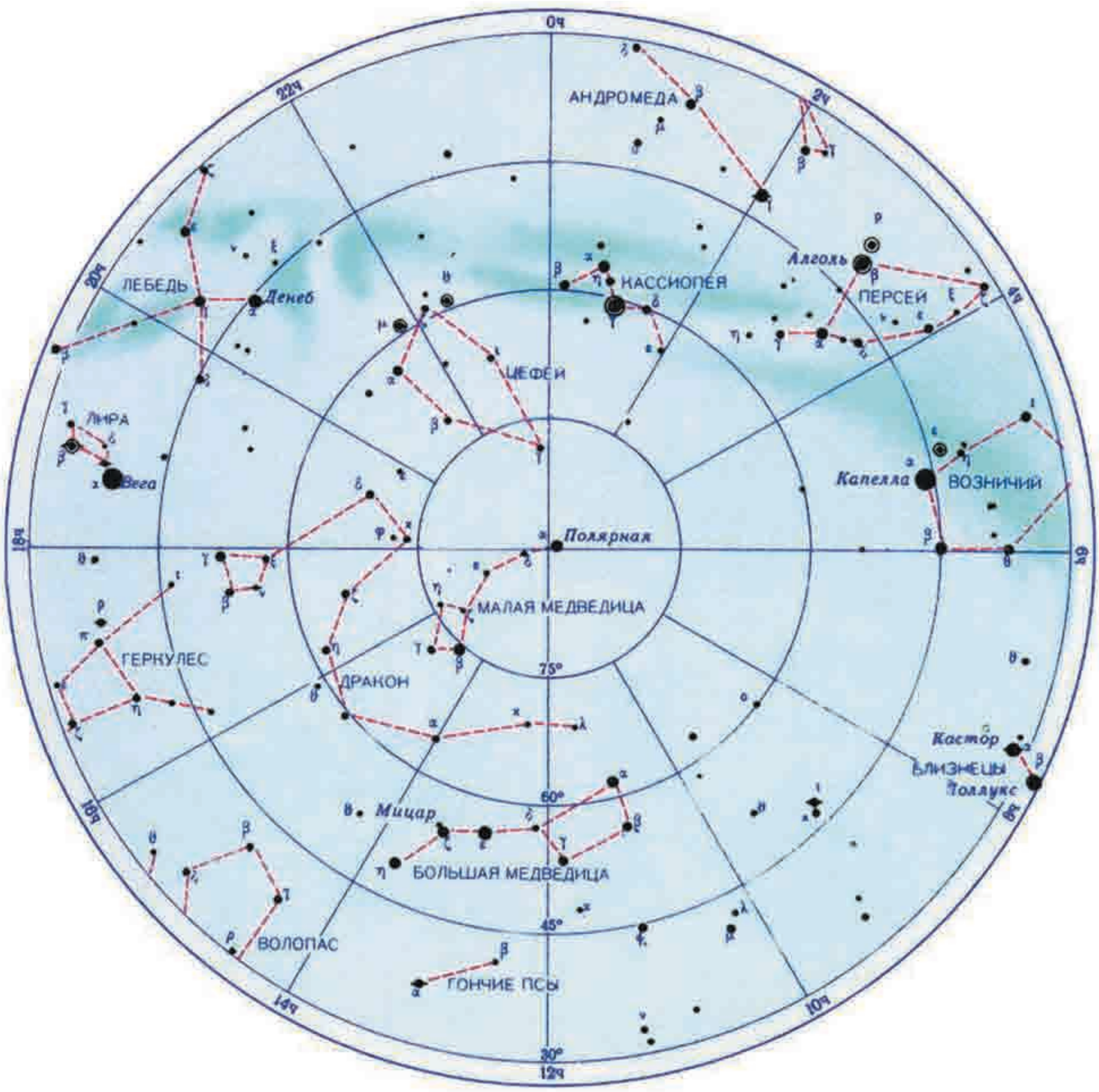
Велика Магелланова хмара одержала свою назву на честь великого мореплавця Фернана Магеллана, що вперше побачив цю карликову галактику в 1519 р. під час кругосвітнього плавання. Із Північної півкулі цю зоряну систему побачити неможливо

СУЗІР'Я ПІВНІЧНОГО НЕБА

Цю частину неба Землі можна спостерігати в будь-який час року із середніх широт Північної півкулі. Протягом ночі сузір'я міняють своє положення на небесному схилі, деякі з них тимчасово зникають за обрієм, а замість них з'являються інші. Але серед безлічі зірок є одна, котра не бере участі в добовому русі, тому що вона розташована практично поряд із точкою, яку астрономи називають північним полюсом світу. Мова йде про Полярну зірку — головний орієнтир мореплавців минулого, що завжди вказує на північну сторону обрію. Розташовані навколо неї зірки і утворюють головні сузір'я Північної півкулі.

Межі північних сузір'їв

Сузір'я Північної півкулі



ДВА КОВШІ

Щоб відшукати Полярну зірку, потрібно знайти в північній частині неба сім яскравих зірок, що утворюють характерний «ківш» із довгою і наче надламаною «ручкою». Це сузір'я Великої Ведмедиці, вірніше, найяскравіша і найпомітніша частина сузір'я. Його форму добре знають навіть люди, не знайомі з астрономією. У різних народів у минулому Велика Ведмедиця називався по-різному — Плуг, Візок, Великий Ківш. Дві крайні зірки «ковша» — вони носять арабські назви Мерак і Дубхе, — якщо продовжити проведену між ними пряму, майже точно вказують на Полярну зірку, що належить уже до іншого сузір'я — Малої Ведмедиці (Малого Ковша). Зірки, що входять у нього, менш яскраві, за винятком ручки, що розташована на кінці «Малого Ковша» — Полярної зірки.

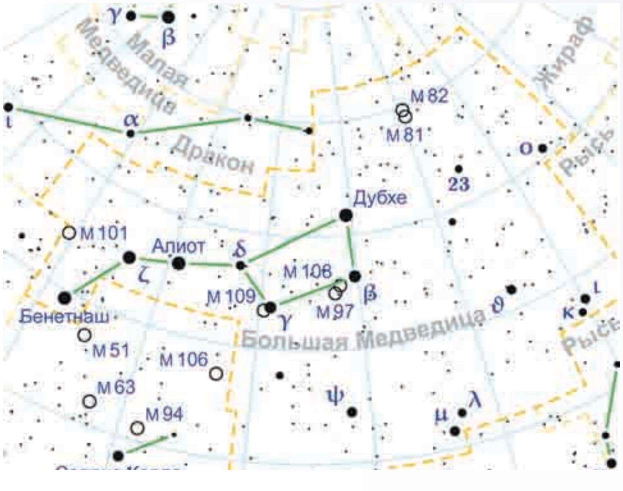
Обриси обох Ведмедиць мало нагадують фігури тварин, на честь яких вони названі, однак традиція пов'язує їхню назву з давньогрецьким міфом про Зевса й німфу Каллісто, яку дружина верховного бога перетворила у ведмедицю. «Ведмідь» по-грецьки — «арктос», звідси й походить назва північних полярних областей нашої планети — Арктика.

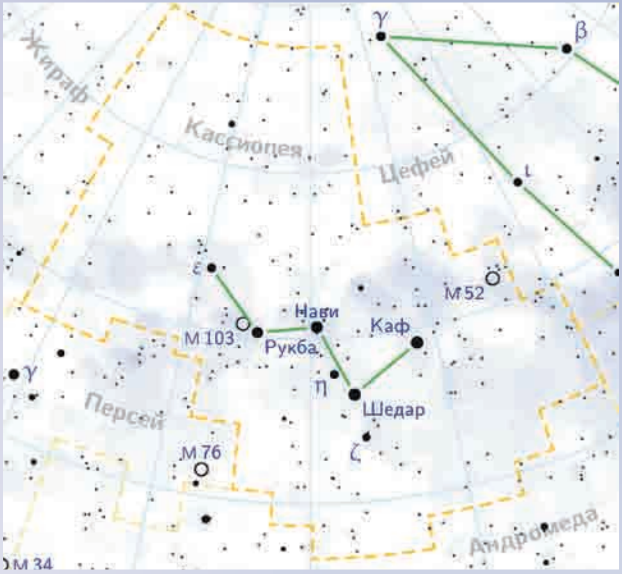
Одна із зірок Великої Ведмедиці, розташована «на зламі» ручки ковша, — її називають Міцар, — видима неозброєним оком як подвійна зірка. Менша зірка з цієї пари має ім'я Алькор. У сильний бінокль можна побачити, що кожна з цих зірок, у свою чергу, також є подвійною.

КУРСОМ НА КАССІОПЕЮ

Якщо продовжити лінію, що з'єднує Міцар і Полярну зірку, на таку ж саму відстань, то вона вкаже на одну із найяскравіших зірок у сузір'ї Кассіопея. Головну частину сузір'я складають п'ять яскравих зірок, що утворюють на тлі Чумацького Шляху

Великий Ківш





Кассіопея

подобу латинської букви W. А якщо цю лінію подумки повернути навколо Полярної зірки проти годинникової стрілки на 90°, то вона вкаже положення двох яскравих зірок: Денеба в сузір'ї Лебедя й Веги в сузір'ї Ліри, які розташовані трохи далі від полюсу світу, ніж Міцар.

Лінія, проведена через дві зірки, що утворюють верхній край «ковша» Великої Ведмедиці, точно вкаже на сузір'я Візничий з яскравою зіркою Капеллою. Сузір'я Дракона, що складається зі слабких зірок, «звивається» навколо полюса і Малої Ведмедиці; його чотирикутна «голова» розташована на північний схід від Веги, а «хвіст» — між Полярною зіркою й Великою Ведмедицею. Між сузір'ями Лебідь і Кассіопея розташоване сузір'я Цефей — п'ятикутник досить яскравих зірок, до складу якого входить знаменита змінна зірка дельта Цефея, чия зоряна величина протягом двох-трьох діб міняється від 3,9 до 5,1. Дельта Цефея дала назву цілому класу змінних зірок — цефеїди.

Ще одне велике сузір'я — Персей, — в Чумацькому Шляху з іншого боку від Кассіопеї, між нею й Візничим. Найяскравіша зірка сузір'я Персей — Мірфак, що має зоряну величину 1,79. Це зірка-надгігант, що перебуває на відстані 590 світлових років від Землі і в 5 тис. разів яскравіша, ніж наше Сонце.

І вже зовсім непримітні сузір'я Жираф і Рись, обриси яких практично не помітні неозброєним оком, розташовані між сімома яскравими зірками Великої Ведмедиці й Візничим.

Більшість сузір'їв північного неба були включені в каталог Клавдія Птолемея «Альмагест» уже в 2 столітті нашої ери.

ЕКВАТОРІАЛЬНІ СУЗІР'Я: ВЕСНА — ЛІТО

Екваторіальними астрономи називають сузір'я, у межах яких проходить небесний екватор. Це Оріон, Єдиноріг, Малий Пес, Гідра, Секстант, Лев, Діва, Змія, Змієносець, Орел, Водолій, Риби, Кит, Тілець і Ерідан. Основна особливість цих сузір'їв полягає в тому, що їх повністю або частково можна побачити з будь-якої точки Землі. Але не одночасно — у різні пори року на небосхилі виблискує лише частина екваторіальних сузір'їв, у кожному з яких чимало примітних астрономічних об'єктів.

Астрономічні межі екваторіальних сузір'їв

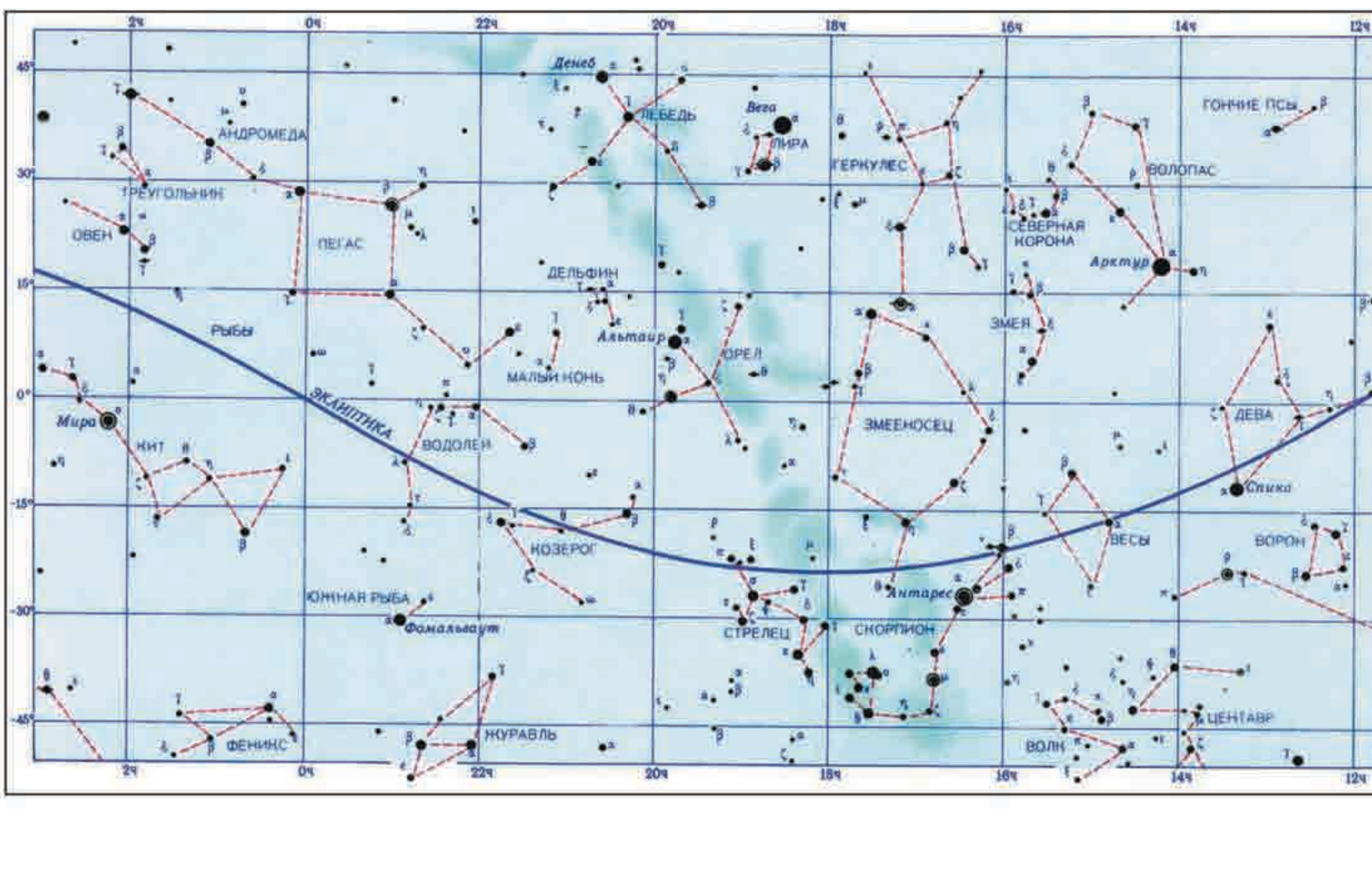
ЦАРСТВО АРКТУРА

У весняні місяці на небі навряд чи вдасться відшукати Чумацький Шлях, зате над всіма зірками панує жовтувато-червоний Арктур у сузір'ї Волопаса. Відшукати Арктур і його сузір'я нескладно — досить з'єднати прямою дві останні зірки в «ручці» Великої Ведмедиці і простежити за цією уявною прямою. На деякій відстані вона буквально «увіткнеться» в Арктур — одну з найяскравіших зірок Північної півкулі. Саме сузір'я розміщується трохи вище й обрисами нагадує розкритий парашут.

На захід від Волопаса розташоване велике сузір'я у формі трапеції — Лев. Найяскравіша зірка сузір'я Лева називається Регул (у перекладі з латини — «правитель»). Поява цієї зірки над обрієм подавала стародавнім хліборобам знак, що настав час приступати до польових робіт.

Між Левом і Великою Ведмедицею лежать кілька сузір'їв із неяскравими зірками — Гончі Пси й Волосся Вероніки. Останнє сузір'я, що являє собою дрібний розсип слабких зірочок, можна побачити тільки при дуже сприятливому стані атмосфери. У сузір'ї Гончих Псів за допомогою потужних астрономічних інструментів можна спостерігати скупчення далеких галактик.

А біля самого південного обрію простягнулися сузір'я, які ніколи не видимі в інший час року — Гідра, над якою ширяє Ворон і Чаша. Сузір'я Гідра займає найбільшу площу на небі, але при цьому має



у своєму складі тільки одну яскраву зірку. Ще одне малопримітне сузір'я Рака «втиснулося» між Близнюками й Левом, у ньому є одне з найвідоміших розсіяних зоряних скупчень Ясла.

ПІД КРИЛОМ «ЛІТНЬОГО ТРИКУТНИКА»

Найпомітніша фігура на небі в літні місяці — так званий «Літній трикутник». Він майже прямокутний, а вершини його утворюють яскраві зірки Вега, Денеб і Альтаїр, що належать до різних сузір'їв. Вега належить до сузір'я Ліри. Саме сузір'я займає невелику площу й має форму неправильного прямокутника зі слабких зірок. У Ліри розташована одна з найзнаменитіших планетарних туманностей, що виглядає як кільце світного газу навколо центральної зірки.

Денеб — головна зірка в сузір'ї Лебедя. Лебідь наче прямує на південь, широко розгорнувши зоряні крила поперек Чумацького Шляху. Це сузір'я іноді називають Північним Хрестом, на відміну від Південного Хреста, що не буває видимий у Північній півкулі.

Альтаїр — альфа сузір'я Орла, що лежить південніше від Лебедя й Ліри.

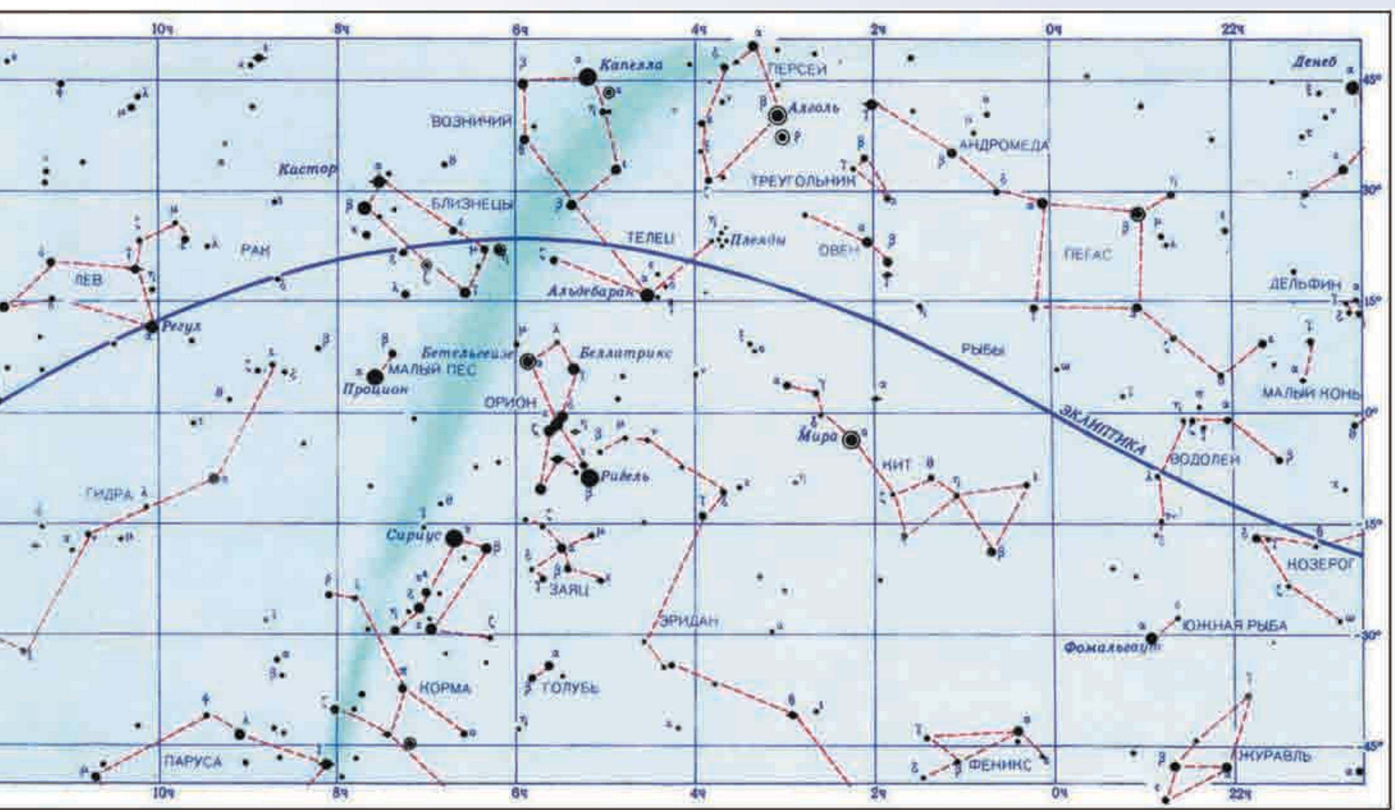
Досить велике сузір'я Діва розкинулося по обидва боки від небесного екватора. У ньому майже немає яскравих зірок, але саме сузір'я неважко впізнати по щільній групі зірок третьої й четвертої величини, розташованій у формі чотирикутника нижче і трохи на схід від Арктура.

На схід від сузір'я Волопаса лежить майже ідеальне півкільце неяскравих зірок, що утворюють сузір'я Північна Корона. У цьому добре помітному сузір'ї розташована зірка першої величини Гема і незвичайна змінна зірка. Далі йде сузір'я Геркулес, примітне великою кількістю кульових зоряних скупчень у ньому, а трохи ближче до горизонту — сузір'я Змієносець, яке наче «розриває» навпіл сузір'я Змії.

ЦІКАВО

Назва зірки Альтаїр у сузір'ї Орла перекладається з арабської як «орел, що летить». Ця біла зірка 0,77 зоряної величини — одна з найближчих до нас, вона розташована на відстані близько 16,8 світлових років від Сонця. Цікаво, що ще п'ять тисячоліть тому шумерські астрономи називали сузір'я, у яке входить Альтаїр, Орлом, а стародавні греки бачили в цьому сполученні зірок божественного орла, що служив посланцем верховного бога-олімпійця Зевса. Це не таке вже й унікальне явище — багато стародавніх цивілізацій нібито «обмінювалися» астрономічними та географічними назвами.

Розташування екваторіальних сузір'їв на небі



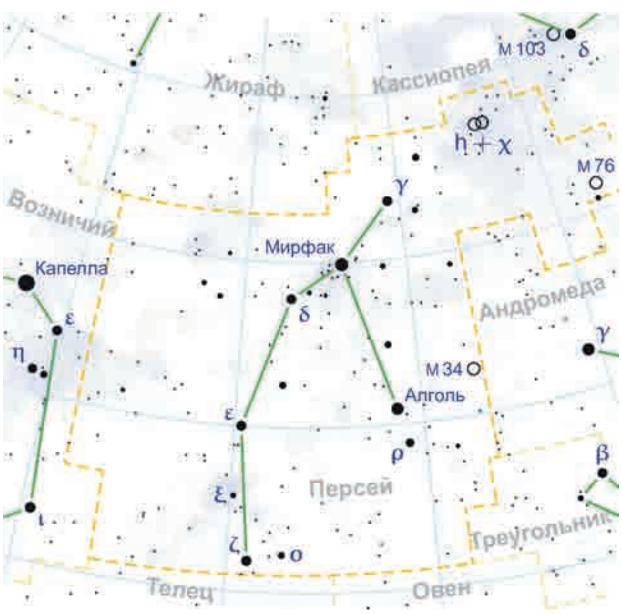
ЕКВАТОРІАЛЬНІ СУЗІР'Я: ОСІНЬ — ЗИМА

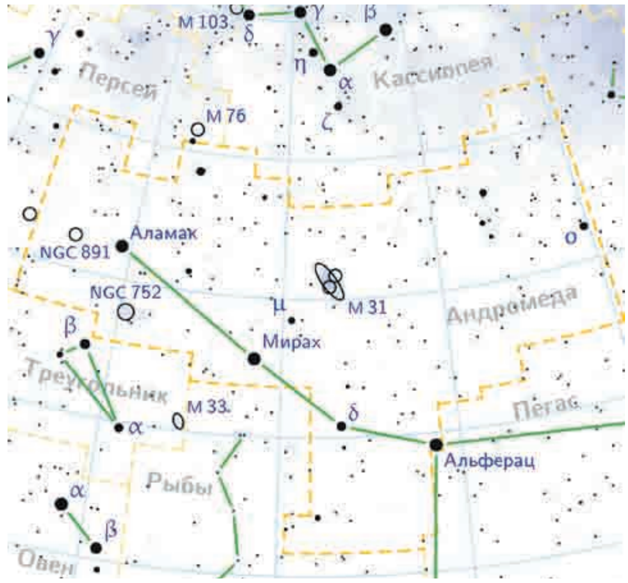
Із настанням осені нічне небо стає темнішим і зірки буквально «висипають» на ньому. Чітко видно рукави Чумацького Шляху, і за сприятливих умов можна неозброєним оком роздивитися навіть такі віддалені об'єкти, як знаменита туманність Андромеди — вона видима в сузір'ї Андромеди як довгаста туманна цятка. Астрономи давно підозрювали, що це не газопилова хмара, а величезна зоряна система, розташована далеко за межами нашої Галактики, але довести це вдалося тільки Е. Хабблу. У розпорядженні вченого був найпотужніший телескоп того часу із дзеркалом у 2,5 м, за допомогою якого і вдалося «розкласти» таємничу туманність на окремі зірки, як це колись зробив із Молочним Шляхом Галілео Галілей.

І ЗНОВУ МІФ ПРО ПЕРСЕЯ

На осінньому небі, крім двох Ведмедиць, можна виявити ще один «ківш». На півдні, високо над обрієм, видно майже правильний великий квадрат із досить яскравих зірок, а від його лівого верхнього кута тягнеться «ручка» — ланцюжок світил. «Ківш» без лівої верхньої зірки знову відсилає нас до сказань про Персея — це сузір'я Пегас. Відповідно до міфу, крилатий кінь, що дарував натхнення поетам, народився із крові Медузи Горгони після того, як Персей відітнув їй голову. «Ручка» ж, із пов'язаною з нею зіркою «ковша» — сузір'я Андромеди.

Сузір'я Персей





Сузір'я Андромеди

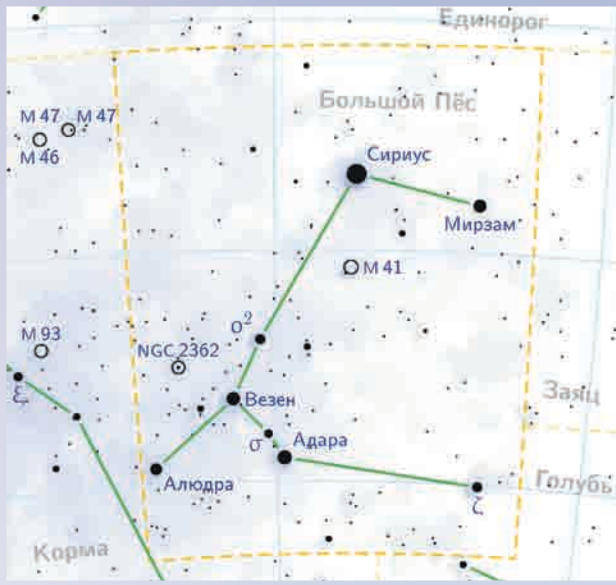
Ланцюжок зірок Андромеди веде спостерігача від Пегаса до самого Персея, звідки наприкінці літа до Землі спрямовується метеорний потік Персеїди. Південніше за всі інші у цій групі розташоване сузір'я Кит (саме так звалося чудовисько, від якого Персей урятував Андромеду, воно анітрохи не було схоже на реальних китів). У центрі цього сузір'я, що має складні обриси, можна бачити одну з найнезвичайніших зірок — недарма її назва Міра перекладається як «чудова». За період у 331 день Міра міняє свій блиск від 2 до 10 зоряної величини, перетворюючись із найяскравішої зірки в сузір'ї на точку, що не видно навіть у потужний бінокль. На «хвості» сузір'я розташована невелика зірочка Тау Кита, яка часто згадується письменниками-фантастами через подібність її характеристик із нашим Сонцем. До того ж вона розташована «усього» за 11 світлових років від Сонця.

Тільки восени над південним обрієм піднімається яскрава зірка Фомальгаут, що належить до сузір'я Південної Риби. Англійці так і називають її — «Самотня Осіння Зірка». Фомальгаут — єдина зірка першої величини, яку можна бачити восени в середніх широтах, вона оточена протопланетним пиловим диском і має одну планету, маса якої в кілька разів перевищує масу Юпітера.

ЗИМОВЕ ПОЛЮВАННЯ

Узимку на небосхилі панує чудове сузір'я Оріон, назване стародавніми греками на честь небесного мисливця Оріона, коханого богині зорі Еос. Сузір'я розташоване безпосередньо на небесному екваторі і справді нагадує «туго підперезану» чоловічу фігуру, повернуту «обличчям» на захід. Можна

Сузір'я Оріон



Сузір'я Великий Пес

роздивитися навіть ланцюжки зірок, що утворюють щит небесного мисливця, і занесену над його головою «зброю». На «поясі» Оріона, у тому місці, де має висіти меч, є велика туманність — скупчення світного міжзоряного газу.

Яскраві зірки Оріона мають власні назви: зліва вгорі — червоний гігант Бетельгейзе, справа внизу — сліпучий блакитний Рігель, справа вгорі — Беллатрікс. Небесного мисливця супроводжують «ловчі собаки» — сузір'я Великого й Малого Пса. «Пояс» Оріона лівим кінцем вказує на головну зірку сузір'я Великого Пса — Сиріус. Це найяскравіша зірка всього земного неба, причому в неї є супутник — маленький «білий карлик» (зірка особливого типу, що складається з речовини величезної щільності).

У минулому, коли над обрієм разом із сузір'ям Великого Пса піднімався Сіріус, це означало, що наступає період відпочинку від праці та господарських турбот. Римляни називали його «канікули» («каніс» по-латині — «собака, пес»).

Якщо продовжити лінію пояса Оріона вправо, то вона вкаже на багряну зірку Альдебаран, що утворює «око» в сузір'ї Тільця — розлюченого бика, на якого «полює» Оріон. У сузір'ї Тільця можна бачити розсіяні зоряні скупчення Плеяди та Гіади. Із глибокої давнини їх використовували для перевірки гостроти зору. Якщо вам вдасться розрізнити в Плеядах сім зірок — усе в порядку, якщо більше — у вас надзвичайно гострий зір.

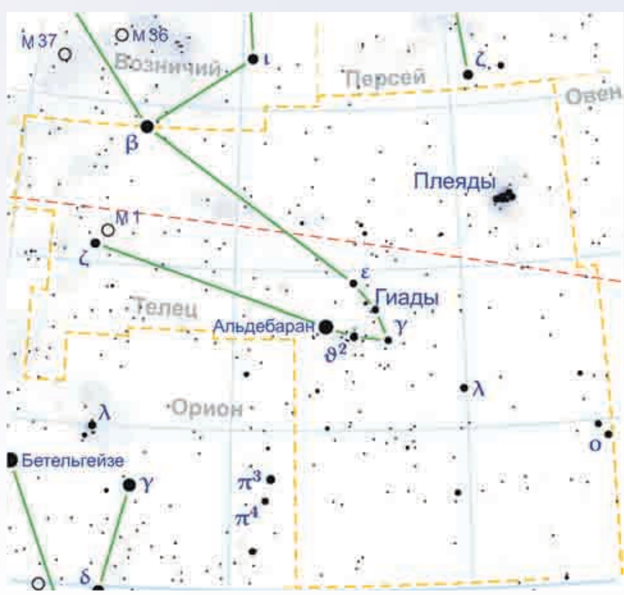
У сузір'ї Тільця розташована знаменита Крабоподібна туманність — залишки наднової зірки, що сліпуче спалахнула на небі у 1054 р. Цю подію відзначили у своїх хроніках багато істориків Заходу й Сходу.

Із Тільцем по сусідству розташоване сузір'я Близнюків, яке також добре видно на зимовому небі. Його головні зірки — Кастор і Поллукс — одержали свої імена на честь братів-близнюків, синів Зевса й земної жінки.

Вище від Тільця й Близнюків у сузір'ї Візничого виблискує яскрава жовта зірка Капелла, що також належить до зірок сонячного типу.

Зірки Сіріус, Проціон (із сузір'я Малого Пса), Поллукс, Капелла, Альдебаран і Рігель утворюють на зимовому небі величезний і добре видимий шестикутник, через який проходить Чумацький Шлях.

Сузір'я Телець



СУЗІР'Я ПІВДЕННОГО НЕБА

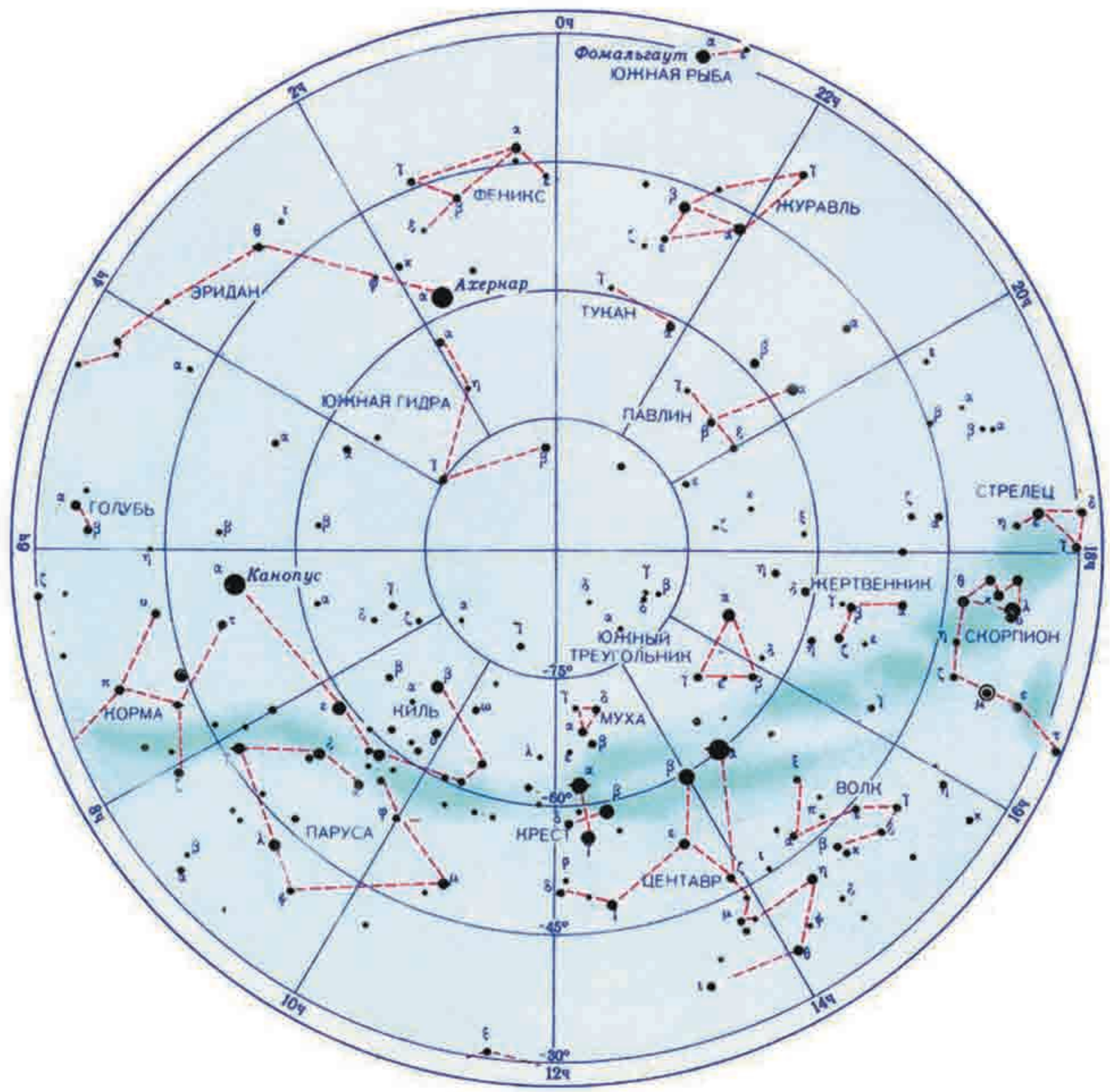
Астрономам Південної півкулі Землі не пощастило — поблизу Південного полюса світу немає жодної яскравої зірки, по якій можна було б так само легко орієнтуватися, як по Полярній зірці на півночі. Однак на околицях Південного полюса розкидано чимало окремих яскравих зірок і сузір'їв, що запам'ятовуються своїми обрисами; у цій частині неба проходить найяскравіша частина Чумацького Шляху, поблизу якого розташовані два великі небесні об'єкти — Велика й Мала Магелланові Хмари, які є супутниками нашої Галактики.

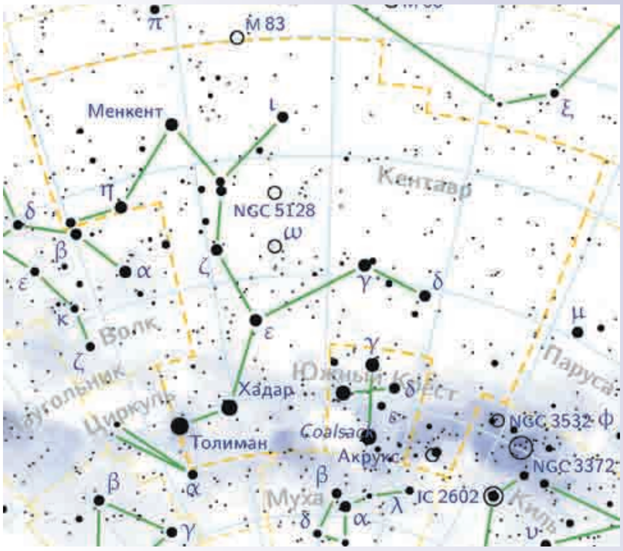
В ЕПОХУ ВЕЛИКИХ ВІДКРИТТІВ

Південне небо залишалося невідомим європейцям до початку епохи Великих географічних відкриттів (15—17 століття). Тому іспанські, португальські, англійські мореплавці у своїх мандрівках по іншу сторону земного екватора відкривали не тільки нові землі й острови, але й сузір'я, зірки, туманності, даючи їм імена частин кораблів, навігаційних приладів, екзотичних тварин і птахів, а часом і самих мореплавців.

Група сузір'їв південного неба — Кіль, Корма, Вітрила — разом складають легендарний корабель «Арго», відомий із давньогрецького циклу міфів про аргонавтів — героїв, що відправилися за золотим руном. У минулому ці три сузір'я були об'єднані

Сузір'я Південної півкулі





Сузір'я Центавр (Кентавр)

Сузір'я Південний Хрест

в одне ціле, але астрономи вирішили, що зручніше розділити їх на частини. Найкрасивіша зірка в цих сузір'ях — Канопус, або альфа Кіля. Це друга за яскравістю після Сіріуса зірка на земному небі, біло-жовтий надгігант, що має величезну світність. Якби Канопус розташовувався на такій же відстані від Сонця, як Сіріус, він був би найяскравішим світилом після Сонця для жителів Землі.

Інше велике сузір'я південного неба — Центавр, назване на честь міфічного напівконя-напівлюдини. Це одне з найпівденніших сузір'їв, відомих давньогрецьким астрономам. Але славу Центаврові принесла навіть не ця обставина. У цьому сузір'ї, поряд із яскравою зіркою альфа Центавра розміщується слабка зірочка Проксима, чиє ім'я перекладається із грецької як «найближча». Це справді найближча до Сонця зірка — світло від неї приходить до нас за 4,22 року, а відстань між Землею і Проксимою складає 270 тисяч відстаней від Землі до Сонця. Слабка світність Проксими пояснюється тим, що ця зірка — червоний карлик, що випромінює мало енергії.

Південніше від альфи Центавра розташоване сузір'я Південний трикутник, яке значно більше і яскравіше, ніж його північний двійник — сузір'я Трикутник.

ПІВДЕННИЙ І НЕСПРАВЖНІЙ

Найзнаменитіше сузір'я південних широт — Південний Хрест, у якому сяють три зірки від 1,2 до 1,6 зоряної величини, роблячи його найпомітнішим на небі. Поряд розташована темна туманність, що одержала назву Вугільний Мішок. Довга «перекладина» Південного Хреста точно вказує на область Південного полюса світу, тому сузір'я часто використовували мореплавці минулого для орієнтації у відкритому океані. Зображення сузір'я Південний Хрест можна побачити на державних прапорах Бразилії, Австралії, Нової Зеландії.

Є на південному небі й свого роду «антипод» Південного Хреста — «Несправжній Хрест», що нерідко спантеличував недосвідчених моряків у тропічних водах. Це не сузір'я, а комбінація чотирьох зірок, що належать до двох різних сузір'їв — Вітрило й Кіль. «Несправжній Хрест» легко упізнати хоча б по тому, що він сходить на небі на три-чотири години раніше від самого Південного Хреста.

В ділянці Південного полюса світу «зібралися» невеликі сузір'я, що не містять великих і яскравих зірок. Це Тукан, Павич, Індіанець, Хамелеон, Столова Гора та інші. Поблизу сузір'їв Телескоп і Жертовник яскраво виблискують зірки Південної Корони, їх у ній близько 40, і всі вони добре видимі.

У сузір'ї Мухи, що займає дуже невелику площу на південному небосхилі, є незвичайний об'єкт — планетарна туманність Пісковий Годинник. Зазвичай подібні туманності, що утворюються після вибуху наднових зірок, мають форму кільця або розмитого диска. Але вигадлива форма Піскового Годинника показує астрономам, наскільки складними й важко передбачуваними можуть бути процеси, що відбуваються під час цих гігантських катаклізмів у Всесвіті.

Південне сузір'я Ерідан можна частково спостерігати і в Україні, хоча його більша частина залишається за обрієм. Це одне з найбільших за займаною площею сузір'я на небі виглядає як довгий ланцюжок зірок, який звивається і простягається від небесного екватора до 58 градуса південної широти. Через його форму Ерідан у народів Європи, Азії й Африки часто ототожнювали з небесною рікою й зображували як потік, що виливається із глечика.

ПО КОЛУ ЗОДІАКА

Уже в глиняних клинописних табличках вавилонських астрологів й астрономів 7 століття до н. е. зустрічаються згадки про пояс небесної сфери, по якому проходять видимі шляхи Місяця й Сонця. При цьому древні вавилоняни вже знали, що Сонце рухається точно по екліптиці, а інші світила у своєму русі відхиляються то вгору, то вниз від площини екліптики приблизно на 9 градусів. Саме у Вавилоні вперше був прийнятий розподіл кола на 360 градусів, а оскільки там використовувалася дванадцятерична, а не десяткова система лічби, то й «Дорога Сонця» — річний шлях головного світила серед зірок — був розбитий на 12 частин по 30 градусів у кожній. У Давній Греції «Дорогу Сонця» називали Зодіак або зодіакальне коло.

Початком зодіакального кола прийнято вважати точку весняного рівнодення — ділянку сонячної орбіти, у якій екліптика перетинає небесний екватор. Зодіак проходить через 12 сузір'їв, і кожна з частин зодіакального кола позначається особливим знаком — символом відповідного сузір'я.

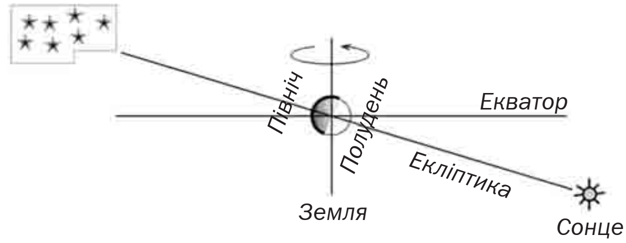
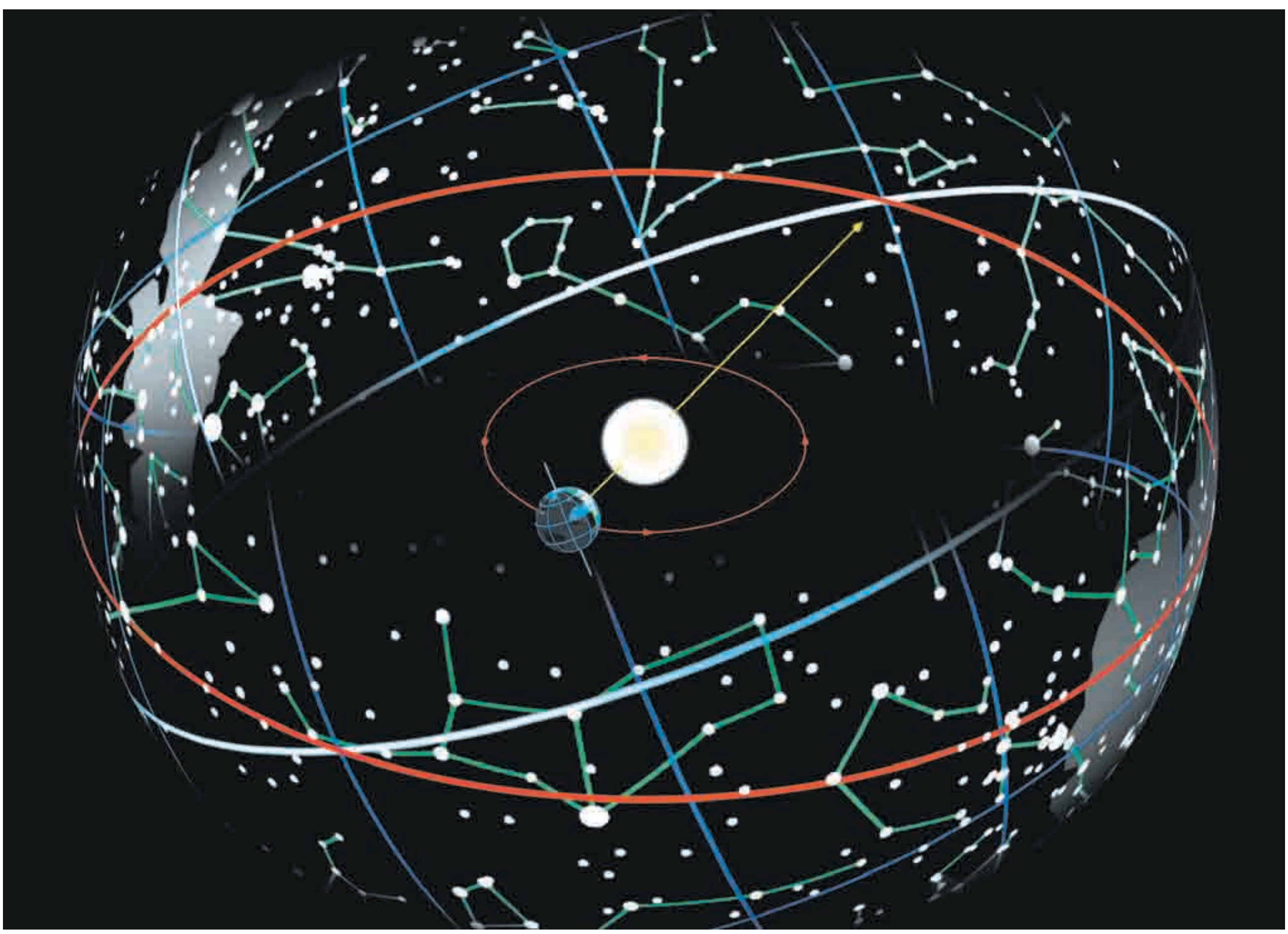


Схема утворення екліптики

ЯК СОНЦЕ «ПОДОРОЖУЄ»

У дійсності рух Сонця по зодіакальному колу є видимим тільки для спостерігача, що перебуває на Землі. За рік наша планета робить повний оборот навколо Сонця, і спостерігач, переміщуючись разом із Землею приблизно на один градус кола за добу, бачить Сонце щоразу в трохи іншому положенні на тлі нерухомих зірок. Зрозуміло, удень це майже неможливо виявити, але день у день картина нічного неба міняється — зникають одні

Видимий річний рух Сонця по небесній сфері (екліптика показана червоним), небесний екватор (показаний блакитним) і зодіакальна зона. Перетини екліптики й небесного екватора — точки осіннього й весняного рівноденЬ



Знаки Зодіаку. Гравюра з астрологічного трактату 16 століття

й з'являються інші сузір'я. Сонце наче переходить із сузір'я в сузір'я (з одного знака Зодіаку в інший), причому кожне з них у минулому відповідало певному місяцю року. У наші дні положення екліптики щодо нерухомих зірок трохи змінилося, тому Сонце перебуває в різних сузір'ях нерівну кількість днів — наприклад, наприкінці березня воно перебуває в знаку Овна, але насправді розташоване в сузір'ї Риб.

ВІД ОВНА ДО РИБ

Відразу потрібно сказати — на нічному небосхилі можна побачити тільки ті зодіакальні сузір'я, які в цей момент розміщуються на протилежному від Сонця боці. У зимові місяці до опівночі високо над обрієм піднімаються Тілець і Близнюки, неподалік від них розміщується ледь помітне сузір'я Рак. Як не дивно, дві його найяскравіші зірочки називаються Ослята, а між ними є розсіяне зоряне скупчення Ясла.

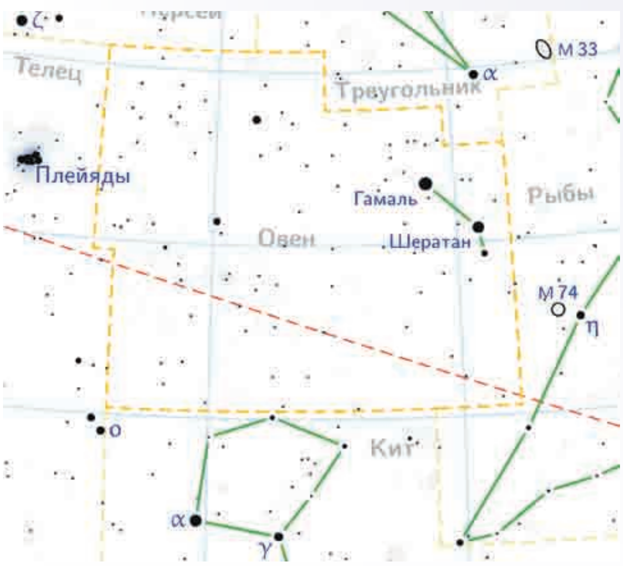
Восени сходять Овен, Риби й Водолій. Головна зірка сузір'я Овна носить арабське ім'я Хамал — «Ягня». У сузір'ї Риб розташована в наші дні точка весняного рівнодення — початок зодіакального кола. Сузір'я Водолія одержало свою назву за те, що безліч неяскравих зірок у ньому створюють враження водоспаду, що іскриться.

У літню пору непогано видно сузір'я Скорпіон із яскравим жовто-червоним Антаресом «на спині», невисоко над обрієм піднімаються сузір'я Стрільця й Козерога. Сузір'я Стрільця вказує місце розташування центра нашої Галактики і саме містить чимало цікавих астрономічних об'єктів, у тому числі й надзвичайно гарну Трироздільну туманність.

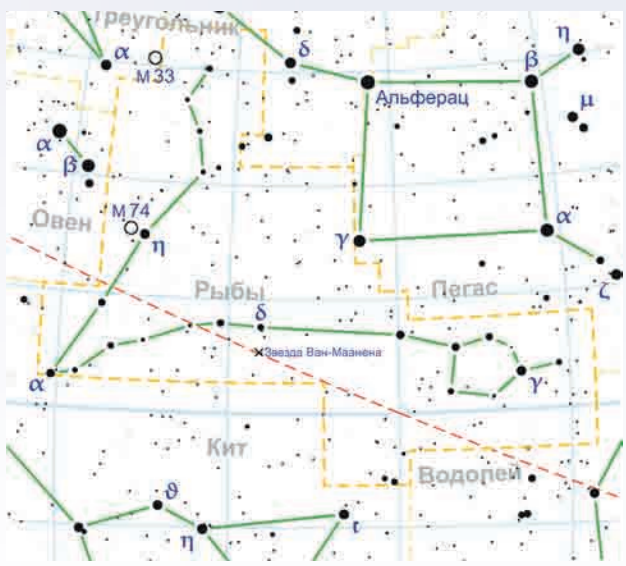
Навесні із зодіакальних сузір'їв можна спостерігати Лева, Діву й Терези. У Терезах розміщена точка осіннього рівнодення. Можливо саме «рівновага» дня й ночі, що наступає в цей період, дала нашим предкам привід назвати сузір'я саме так.

У сузір'ї Терезів на відстані 20 світлових років від Землі ледве можна роздивитися зірку, що носить ім'я Глізе 581. Це червоний карлик, у системі якого астрономи виявили чотири планети, одна з яких (її маса у вісім разів більше від земної) розташована в так званій «зоні населеності». Це означає, що на ній може існувати вода в рідкому стані, а значить і життя в тій чи іншій формі. Таких планет за межами Сонячної системи зовсім небагато, і вона стала об'єктом найпильнішої уваги вчених.

Сузір'я Овен



Сузір'я Риби



«ТАЄМНИЧІ» ЯВИЩА В НІЧНОМУ НЕБІ

Іноді на небі можна спостерігати незвичайні явища, яким не відразу знаходиться пояснення. Якщо це не Сонце, не Місяць і не зірки, і до того ж щось, що рухається й міняє яскравість світіння й кольори, то недосвідчений спостерігач швидше за все вирішить, що виявив «непізнаний літаючий об'єкт». Часом помиляються й професійні астрономи, тому не варто відразу робити безапеляційні висновки. Часом ретельні спостереження й зіставлення фактів дозволяють знайти природне пояснення найзагадковішим явищам.

Навіть людям, що добре орієнтуються серед сузір'їв нічного неба, випадає нагода виявляти поряд зі знайомими світилами нові нерухомі й рухомі об'єкти. Вони вносять «плутанину» у звичне розташування зірок і спантеличують спостерігачів. Зрозуміло, це можуть бути змінні або нові зірки, малі планети й нові комети — але такі відкриття трапляються нечасто.

Яскравими небесними об'єктами можуть виглядати висотні літаки, що летять із увімкненими габаритними вогнями, причому якщо вони рухаються на спостерігача, то якийсь час здаються майже нерухомими. Перед сходом або після заходу трапляється бачити метеорологічні кулі-зонди, що яскраво сяють у променях Сонця на великих висотах. Тільки тривале спостереження дозволяє помітити їхні переміщення.

Штучні супутники, яких зараз на навколоземних орбітах більше трьох тисяч, мають властивість «зникати», потрапляючи в тінь Землі, а потім раптово «з'являтися», виходячи з неї. При цьому виникає спалах світла, схожий на болід, але переміщується він набагато повільніше, ніж яскраво сяючий метеор.

Зодіакальне світло

Хвіст комети Макнота незвичайної форми

Поява на небі світних туманних утворень пояснюється різними причинами. Це може бути зодіакальне світло, що породжується світінням часток космічного пилу, що накопичується в площині екліптики. Воно видиме тільки над східною або західною частиною обрію в пізніх сутінках. Нерідко за нові туманності приймають сріблясті або перламутрові хмари. Вони мають малу щільність, і часом крізь них добре видимі зірки.

Запуски ракет і викиди різних речовин при дослідженнях верхніх шарів атмосфери породжують кольорове світіння, що нагадує полярні сяйва. Так, скидання відпрацьованої води з Міжнародної космічної станції призводить до появи яскравого й добре видимого світного сліду на великих висотах, а слід ракетного двигуна, що вийшов із-під контролю, може створювати небачені раніше ефекти «небесної спіралі».

І от що ще потрібно враховувати. Сьогодні в навколоземному космічному просторі літає більше 10 тисяч рукотворних об'єктів: біля двох тисяч спрацьованих і некерованих космічних апаратів, їхні деталі й енергетичні установки. Всі вони можуть випромінювати відбите світло на Землю, а при вході в щільні шари атмосфери викликають незвичайне яскраве світіння в нічному небі.

ПОЗА ЗЕМЛЕЮ: СОНЯЧНА РОДИНА

Своїм існуванням родина небесних тіл, яку ми називаємо Сонячною системою, завдячує центральній жовтій зірці — Сонцю. Членами його родини є не тільки планети й карликові планети разом зі своїми супутниками, що обертаються на різній відстані навколо Сонця, але й багато тисяч астероїдів, комет і незлічима кількість дрібних часток — метеорів і космічного пилу.

Випромінювання Сонця — основне джерело енергії в Сонячній системі; крім того, в нашій зірці зосереджено 99,87 % всієї маси її речовини, і лише незначна частка припадає на «членів родини». Потужне поле тяжіння дозволяє Сонцю утримувати біля себе великі й малі тіла, і якби воно раптово зникло або ослабло, його родина моментально розпалася б і розсіялася в безмежних просторах Всесвіту.

Вісім великих планет, чітко розділених на дві групи, обертаються навколо Сонця. Внутрішні, або планети земної групи, — Меркурій, Венера, Земля й Марс, мають тверду поверхню й складаються з металів і силікатів, чотири зовнішні планети — Юпітер, Сатурн, Уран і Нептун, складаються в основному з водню й гелію, їх також називають «газовими гігантами».

У міру віддалення від Сонця відстані між орбітами планет збільшуються з певною закономірністю, і лише між орбітами Марса і Юпітера зяє гігантський «провал». Астрономи багато десятиліть намагалися відшукати в цьому «провалі» ще одну планету, подібну до планет земної групи, але виявили лише безліч астероїдів, що утворюють кільце або пояс на орбіті, де мала б бути планета.

А за орбітою Нептуна розташовується ще одне дивовижне утворення — пояс Койпера. Це свого роду «смітник» відходів часів формування Сонячної системи, подібний до пояса астероїдів. Однак всі тіла в ньому складаються не з мінералів, а з льоду й замерзлих газів. Є серед них і кілька карликових планет і великих астероїдів. Деякі тіла залишають пояс Койпера і прямують до Сонця, перетворюючись на комети.

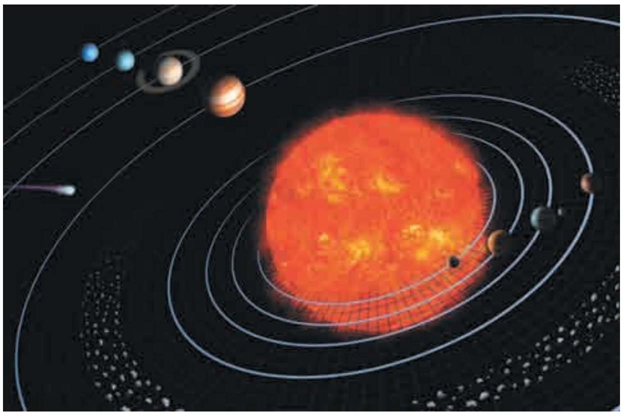
Уся ця різноманітність небесних тіл пов'язана не тільки силами тяжіння й загальним місцем розташування у Всесвіті. Як і годиться родині, у них спільне походження — з газопилової хмари, що існувала на місці Сонячної системи приблизно 10 млрд років тому.

З ЯКОЮ МІРОЮ?

Для того щоб одержати чітке уявлення про Сонячну систему і її тіла, необхідно знати розміри цих тіл і відстані, які їх розділяють. А оскільки Сонячна система, у свою чергу, є частиною галактики Чумацький Шлях, що входить разом із Туманністю Андромеди в так зване Місцеве скупчення галактик, спробуємо оцінити масштаби цих неймовірно величезних зоряних систем і самого Всесвіту.

На Землі ми звикли вимірювати відстані кілометрами або милями. Ці одиниці довжини цілком підходять для оцінки земних відстаней і маршрутів — адже найдовша подорож, яку можна здійснити на нашій планеті, лише трохи перевищує 40 тис. км — це довжина земного кола по екватору. До нашого найближчого супутника — Місяця — 380 тис. км, його діаметр у чотири рази менший, і кілометри як міра відстаней тут ще «підходять». Але ледве ми виходимо за межі орбіти Місяця, відстані в багато разів зростають, цифри стають громіздкими і незручними, «відрощують» довгі хвости нулів. Доводиться використовувати інші одиниці й масштаби — астрономічні.

Землемір — професія, що у всіх народів користувалася пошаною й вимагала знання геодезії й астрономії. Астрономи протягом століть залишалися «землемірами на відстані». Визначати відстані й розміри світил їм допомагали математика й фізика



Сонячна система

АСТРОНОМІЧНА ОДИНИЦЯ

Відстань від Землі до Сонця становить близько 150 000 000 км. Відстані між планетами Сонячної системи також довелося б обчислювати дев'яти й десятицифровими числами, якби ще у 17 столітті в астрономів не виникла ідея використати відстань між Сонцем — центральним тілом всієї системи, і Землею — планетою, на якій перебувають самі спостерігачі, — як основну одиницю в астрономії. Досить довго не вдавалося точно встановити величину цієї одиниці, але в 1672 р. видатний астроном Дж. Кассіні, використавши виміри орбіт Землі й Марса, визначив відстань між центрами Землі й Сонця — вона виявилася рівною приблизно 146 млн км. Уже в 20 столітті за допомогою радіолокації була остаточно уточнена величина астрономічних одиниць — вона становить 149 598 100 км.

Таким чином, відстань від Сонця до найдальшої планети Сонячної системи — Нептуна, — дорівнює 30 астрономічним одиницям (а.о.), а відстань від Сонця до Марса — 1, 52 а.о.

НАВЗДОГІН ЗА ПРОМЕНЕМ

Однак і такі великі одиниці виміру виявилися непридатними для величезних просторів за межами Сонячної системи. Учені визначили, що до найближчої до Землі зірки Проксима в сузір'ї Центавра 280 000 астрономічних одиниць, а більшість зірок перебуває на відстанях у десятки й сотні тисяч разів більш далеких. Тоді було вирішено для оцінки відстаней у Всесвіті використати те, що є всюди й має найвищу швидкість у природі — світло. У міжзоряній порожнечі воно рухається з постійною швидкістю близько 300 тис. км/с, і світловому променю вистачає усього 8 хвилин, щоб подолати шлях завдовжки в одну астрономічну одиницю, тобто дістатися від поверхні Сонця до поверхні Землі.

ЦІКАВО

Ми вже знаємо, що наш Всесвіт мав «початок» — Великий Вибух, що відбувся близько 13,7 млрд років тому. Отже, він не нескінченний і повинен мати певну просторову довжину. Учені оцінюють довжину нашого Всесвіту в 13 млрд світлових років. І це як мінімум, тому що найбільш далекий із зареєстрованих космічних сигналів — потужний сплеск гамма-випромінювання, досяг меж Сонячної системи саме з такої відстані.

Скупчення галактик у сузір'ї Геркулеса

У результаті звичайні одиниці виміру часу стали в астрономії мірою відстані, пройденої світловим променем за певний відрізок часу. А оскільки мова йде про незбагненно величезні простори, то й основною одиницею був обраний світловий рік — відстань, яку світло проходить протягом року. За нашими земними мірками це 9 500 000 000 000 кілометрів! От і дистанція до тієї ж Проксими Центавра стала начебто «коротшою» — усього 4,22 світлового року.

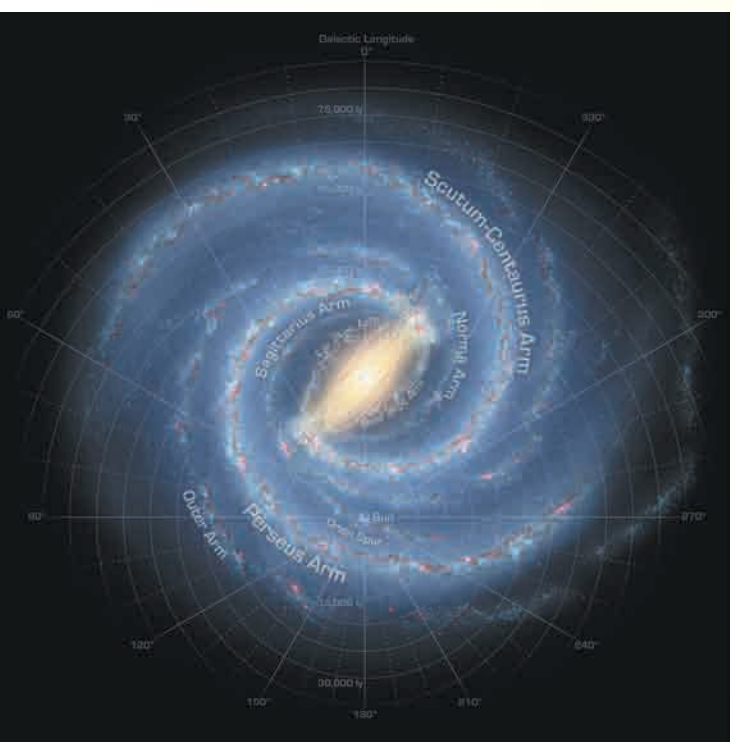
У ДАЛЕКОМУ КОСМОСІ

Сонце — частина грандіозної зоряної системи — галактики Чумацький Шлях. Вона має форму плоского диска зі спіральними «рукавами», і включає близько 200 млрд зірок. Діаметр диска нашої Галактики — близько 100 тис. світлових років. Відповідно, і масштаби нашої Сонячної системи й Чумацького Шляху співвідносяться в тій же пропорції, що 8 хвилин і 100 тис. років. Для таких величезних об'єктів астрономи ввели ще одну одиницю виміру — парсек (відстань до небесного тіла, річний паралакс якого становить одну кутову секунду, або 3,26 світлового року).

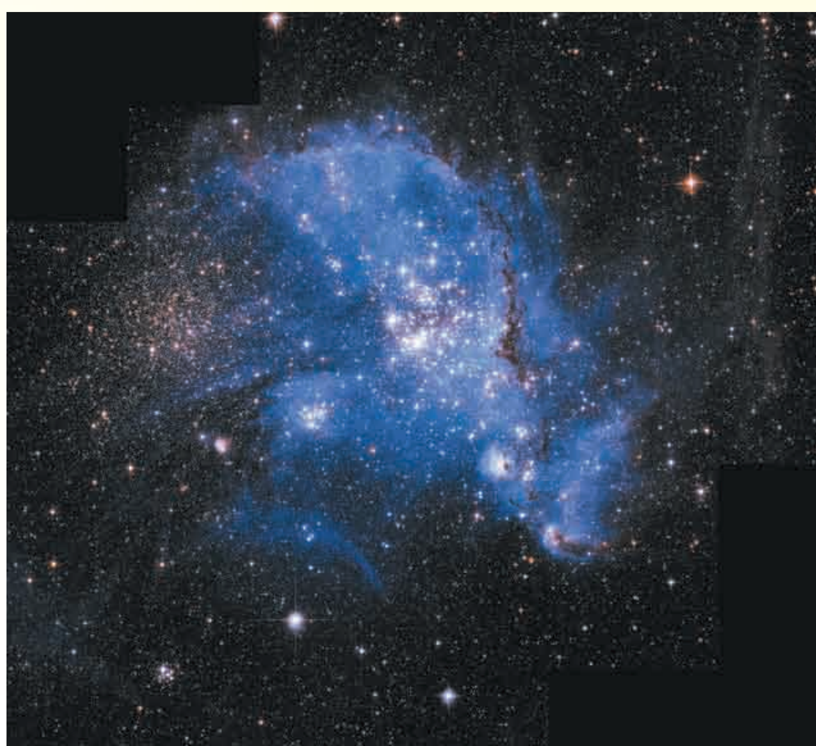
Наша Галактика не самотня у Всесвіті — багато видимих у телескоп округлих туманностей виявилися такими ж зоряними системами, розташованими на величезних відстанях. Так, світло від найближчої великої галактики Андромеди «добирається» до нас цілих два мільйони років.

А на далеких рубежах Всесвіту за допомогою сучасних космічних телескопів вдалося виявити цілі скупчення галактик, що стрімко віддаляються, і відстані до яких оцінюються в мільярди світлових років.

Сонячна система розташована в одній із гілок галактики Чумацький Шлях, тому нам не дано глянути на неї зі сторони. Однак учені НАСА на основі даних астрономії створили детальну комп'ютерну модель нашої зоряної системи



Мала Магелланова Хмара — одна з найближчих до нас карликових галактик



СОНЦЕ: ЗІРКА, ПОРОДЖЕНА ЗІРКОЮ

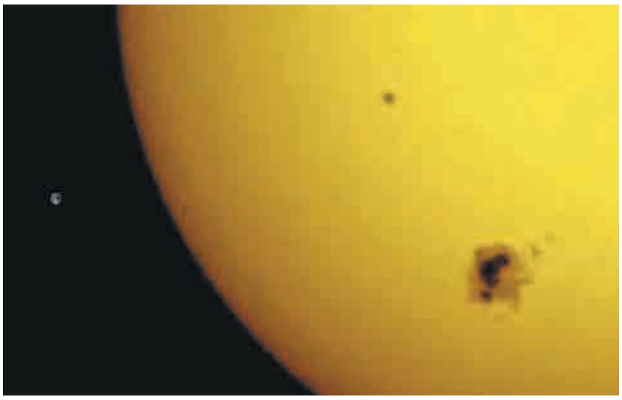
Близько п'яти мільярдів років тому в надрах туманності, що виникла на місці більш раннього вибуху гігантської наднової зірки, спалахнула крихітна за космічними мірками жовтувата зірочка — наше Сонце. З тих пір у Сонячній системі в буквальному значенні слова все обертається навколо нього.

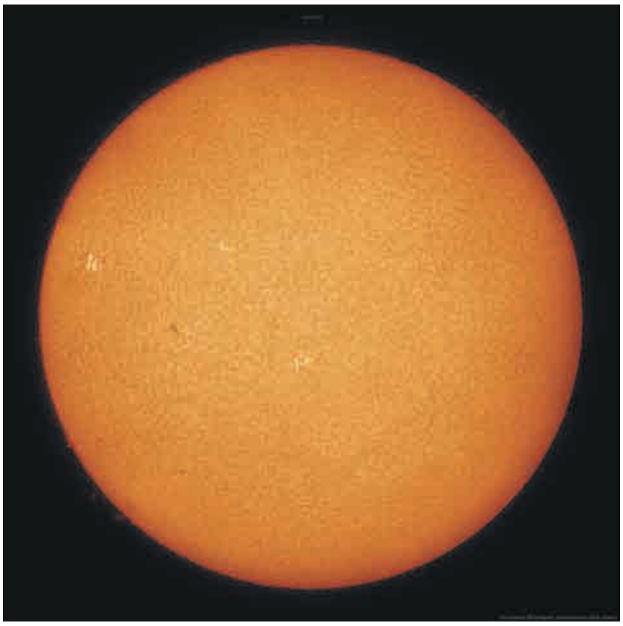
Сонячне випромінювання підтримує життя на Землі, визначає її клімат, є джерелом практично всіх видів енергії, якою користується людська цивілізація. Незважаючи на те, що наша зірка належить по астрономічній класифікації до «жовтих карликів», вона світить білим світлом, тому що температура сонячної поверхні близько 6 тис. градусів. Сила світіння Сонця й величезна кількість енергії, яку воно виділяє в навколишній простір у вигляді світла, рентгенівського й гамма-випромінювання, змушує задуматися про те, що ж відбувається в надрах цієї гігантської газової кулі, яка на 72 % складається з водню, і на 25 % — з гелію. Діаметр Сонця в 109 разів перевищує діаметр Землі, а його маса більша від земної в 330 тис. разів — саме це й робить нашу зірку «гравітаційним господарем» усіх космічних тіл, що опинилися у сфері її впливу.

ПОГЛЯД НА СВІТИЛО

Навіть для неозброєного ока Сонце виглядає диском, але для того, щоб розібратися в особливостях його зовнішньої будови, необхідно використати сонячний телескоп. Ці пристрої помітно відрізняються від звичайних рефракторів і рефлекторів. Головна деталь сонячних телескопів — два плоских дзеркала, одне з яких з великою точністю повертається слідом за рухом Сонця по денному небу, ловлячи його зображення, а друге передає

Сонце й Земля (порівняльні розміри)





Зображення сонячного диска, отримане за допомогою сонячного телескопа

зображення туди, де встановлені прилади, що аналізують його. Сам телескоп закріплюють нерухомо на міцній основі. Така система не підходить для зірок і планет, що світять відбитим світлом, — при подвійному відбитті втрачається частина випромінювання. Однак Сонце випромінює стільки світла, що ці втрати не мають ніякого значення.

З першого ж погляду на збільшене зображення сонячного диска стає ясно, що Сонце має нерівномірну яскравість. На краях диск зірки помітно «темніший», ніж у центрі. Це пов'язано з тим, що в надрах Сонця температура набагато вища, ніж на поверхні. У центрі диска ми наче заглядаємо в надра зірки крізь холодніший поверхневий шар, а ближче до країв, тому що Сонце все-таки має форму кулі, нашому погляду доводиться долати куди більш товсті шари речовини, що «остигає». От око і сприймає їх як більш темні.

При ще сильнішому збільшенні поверхня Сонця здається зернистою. Вона засіяна численними гранулами, які існують дуже короткий час, замінюючись новими. Ці гранули — гігантські маси розпечених газів, що піднімаються з надр Сонця до його видимої поверхні, яку називають фотосферою — світлоносною сферою. Саме звідти виходить більша частина світлового випромінювання.

На диску зірки час від часу виникають області, які в порівнянні з іншими здаються зовсім темними. Це сонячні плями — зони, де температура гарячих газів «падає» до 4,5 тис. градуса. Сонячні плями, — а деякі з них часом досягають розмірів нашої Землі і більше, — це місця виходу силових ліній магнітного поля зірки на її поверхню.

ЦІКАВО

Сонце утворилося з туманності, що складалася із чистого молекулярного водню. Всі інші елементи, що входять до складу сонячної плазми, — гелій, залізо, нікель, хром, магній, азот, кисень, вуглець, кальцій і неон — утворилися в результаті складних ядерних реакцій і перетворення елементів. На відміну від великих зірок, Сонцю не загрожує небезпека закінчити своє існування грандіозним вибухом, перетворившись на наднову. Для цього його маса занадто мала. У міру «вигоряння» водню наше світило збільшиться в об'ємі й перетвориться на зірку типу «червоний гігант». Однак трапиться це не раніше ніж через 6 млрд років.

Сонячний телескоп McMath-Pierce, що розташований на горі Кіт Пік в Аризоні

Магнітне поле сповільнює підйом гарячої речовини з надр світила. Плями неквапливо переміщуються по сонячному диску — ознака того, що наша зірка обертається. Але Сонце — не тверде тіло, а газова куля, тому й характер обертання в нього зовсім не такий, як у Землі: екваторіальні області нашої зірки роблять один оборот за 25 земних днів, а полярні — за 34 дні.

У НАДРАХ ТЕРМОЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

Ми говоримо — «Сонце горить», але джерелом його випромінювання є зовсім не хімічні реакції горіння, а термоядерний синтез, при якому виділяється в мільйони разів більше енергії. В умовах надвисоких температур і тиску ядра водню (головного елемента в складі Сонця) починають з'єднуватися і утворюватися ядра іншого елемента — гелію.

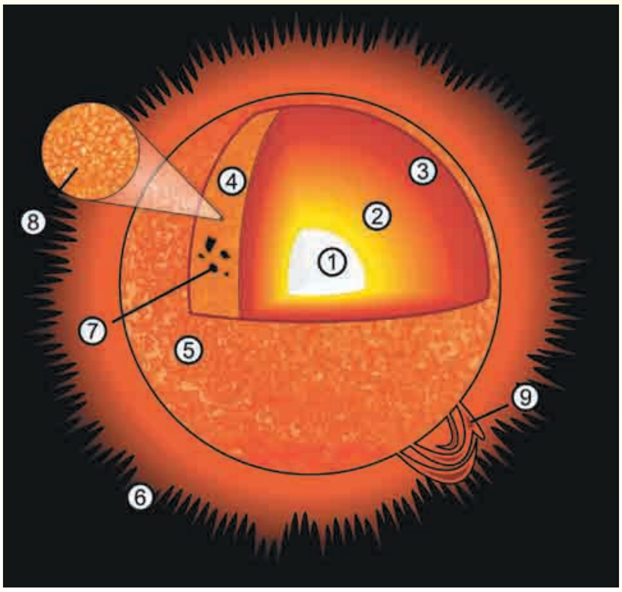
Щосекунди на Сонці на енергію повністю перетворюється 4,26 млн т речовини, однак ця величина зовсім незначна в порівнянні із загальною масою нашого головного світила. Запасів водню, необхідного для термоядерних реакцій, нашій зірці вистачить ще на кілька мільярдів років.

Зона, у якій ідуть термоядерні реакції, називається ядром Сонця. Температура там досягає 15 млн градусів, а густина речовини в 6,6 разу перевищує щільність найважчого металу на Землі — осмію. При цьому сонячне ядро живе наче відособленим від зовнішніх шарів життям — швидкість його обертання навколо власної осі значно вища, ніж на поверхні.

Над ядром розміщується так звана «зона променистого переносу», у якій енергія, що виділилася в ядрі, переноситься до верхніх шарів. Сонячна плазма тут настільки щільно стиснута, що її частки просто не можуть «помінятися місцями». Тому енергія передається перевипромінюванням — частка поглинає фотон «знизу» і відразу випромінює інший у напрямку верхнього шару часток.

Ближче до поверхні Сонця плазма менш щільна, і потоки енергії викликають утворення вихрів, за рахунок яких і відбувається основний перенос енергії. Тому підповерхневий шар Сонця, товщина якого становить приблизно 200 000 км, називають конвективною зоною (від латинського «конвекціо» — «перемішую»). Саме тут народжуються гігантські збурювання сонячної речовини й надпотужні магнітні поля.

Будова Сонця
1 — ядро
2 — зона променевого переносу
3 — конвективна зона
4 — фотосфера
5 — хромосфера
6 — корона
7 — плями
8 — гранули
9 — протуберанець



СОНЦЕ: НЕСПОКІЙНІ ОКОЛИЦІ

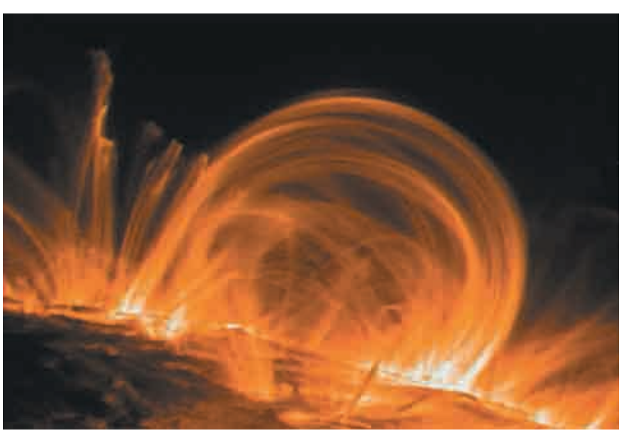
У тій області, яку астрономи називають сонячною атмосферою, відбувається безліч дивовижних і складних явищ, які помітно впливають на земну біосферу. Ще в першій половині 20 століття видатний російський учений О. Л. Чижевський (1897—1964 рр.), основоположник науки геліобіології, встановив зв'язок між активністю нашої зірки й урожайністю сільськогосподарських культур, поширенням епідемій, активністю розмноження різних видів тварин і навіть соціальними й політичними процесами в людському суспільстві.

«МІКРОХВИЛЬОВА ПІЧ» НАД ФОТОСФЕРОЮ

Через величезні світлові потоки, що виходять від фотосфери Сонця, особливості його атмосфери найпростіше вивчати в період повних сонячних затемнень. Саме тому астрономи, що присвятили себе дослідженню Сонця, буквально «ганяються» за затемненнями, переміщуючись разом зі своїми приладами із країни в країну, а часом навіть слідуючи на швидкісних літаках-лабораторіях за рухом «затменої плями» по поверхні планети.

Тільки при повному затемненні стає видимим тонкий нерівний малиновий ободок, що оточує поверхню фотосфери. Це хромосфера — у буквальному перекладі з грецької — «сфера кольорів». Вона простягається всього на 10—15 тис. км. Густина речовини в хромосфері набагато нижча, ніж у фотосфері, але температура її у два-три рази вища, ніж на поверхні Сонця. Це дивне на перший погляд явище пояснюється тим, що хромосферу «розігрівають» електромагнітні поля, що виходять із надр Сонця — приблизно так, як розігріваються продукти у звичайній кухонній мікрохвильовій печі.

Потужний спалах на Сонці



Хромосфера під час затемнення Сонця

Іноді над хромосферою піднімаються і несуться далеко в навколишній простір довгі «язики» більш холодної матерії — протуберанці. Ці викиди відбуваються у зв'язку з коливаннями сонячного магнітного поля. Іноді протуберанці досягають довжини в 1,7 млн км — таке унікальне виверження сонячної речовини було зареєстровано в червні 1946 р.

КОРОНА ДО НЕПТУНА

Вище від хромосфери розташований верхній шар атмосфери Сонця — сонячна корона. Вона також добре видима при повних затемненнях Сонця і за допомогою особливих приладів — позазатемнюваних коронографів. Її яскрава частина простягається на відстань у кілька діаметрів Сонця, але сучасні дослідження показують, що вона досягає щонайменше кордонів Сонячної системи. Тобто всі планети, у тому числі й Земля, перебувають «усередині» верхньої атмосфери нашої зірки. Речовина корони дуже розріджена, але її частки рухаються з такими високими швидкостями, що їхня температура перевищує мільйон градусів.

Не дивно, що настільки швидкі частки не затримуються біля Сонця, а прямують у космічний простір, утворюючи так званий «сонячний вітер». Потоки сонячного вітру, зіштовхуючись із магнітними полями планет, помітно змінюють їхню форму і впливають на процеси в атмосферах і на поверхні.

СОНЯЧНІ ШТОРМИ

«Вітерець» із боку нашого світила «віє» постійно. Але час від часу на Сонці трапляються події, які призводять до викиду в космічний простір величезної кількості швидких часток і твердого випромінювання за короткий час — справжні

ЦІКАВО

Найбільша геомагнітна буря трапилася наприкінці серпня 1859 р. — в історії астрономії вона одержала назву «Сонячний суперshторм». Із 28 серпня на Сонці з'явилися численні плями й спалахи. Відразу після опівдня 1 вересня британський астроном Р. Каррінгтон спостерігав гігантський вибух на Сонці, що викликав викид величезної маси сонячної речовини — вона з надзвичайно великою швидкістю кинулася прямо до Землі. Через 18 годин у небі по всьому світу виникли полярні сяйва, причому настільки яскраві, що золотошукачі, які прокинулися серед ночі в Скелястих горах (США), почали готувати сніданок, вирішивши, що настав ранок. При цьому повністю вийшли з ладу всі телеграфні лінії Європи й Північної Америки.

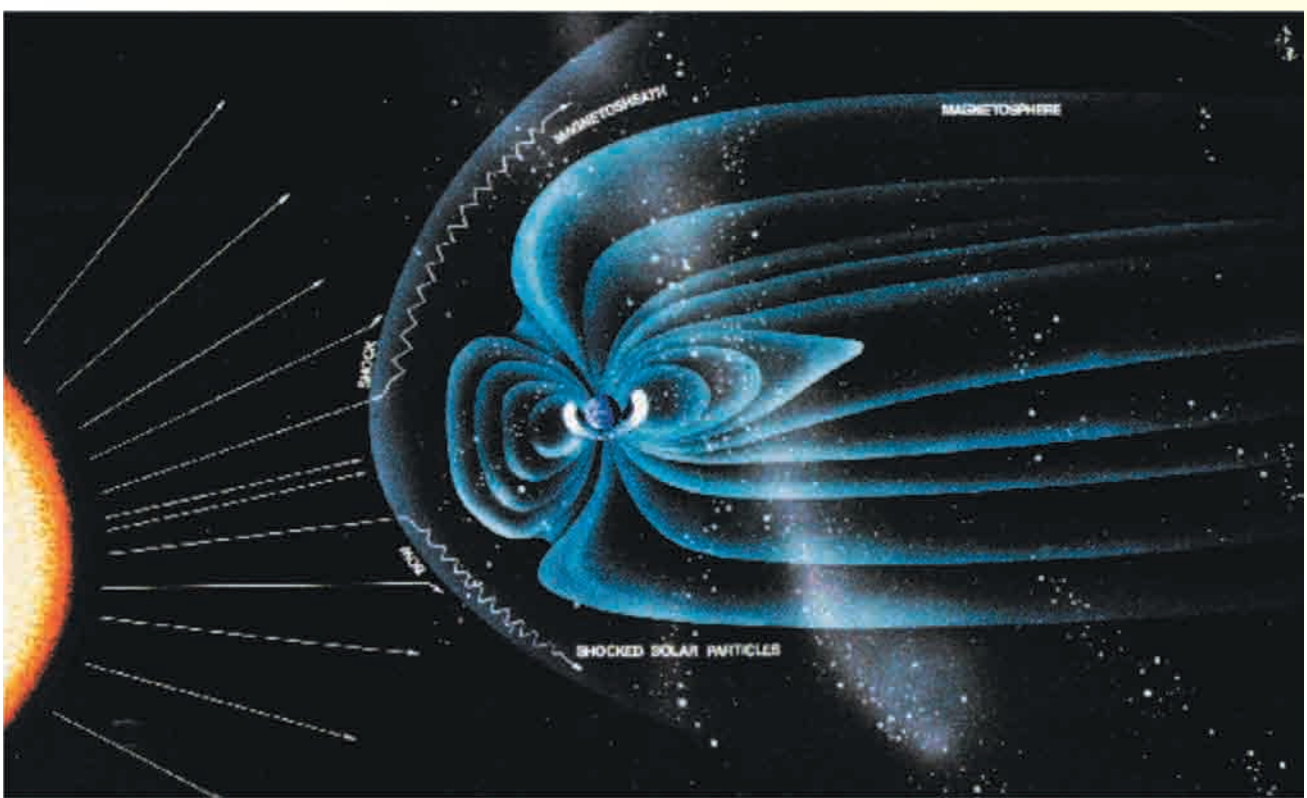
Геомагнітні бурі впливають не тільки на роботу систем зв'язку, але й на системи навігації космічних апаратів, роботу трубопроводів, трансформаторних підстанцій та електростанцій. Позначаються вони й на здоров'ї й самопочутті людей, особливо тих, хто страждає на захворювання серця й судин. Дві третини інфарктів та інсультів припадає на періоди геомагнітних бур, та й цілком здорові люди почувають себе недобре.

Полярне сяйво над Аляскою

«бурі». Такі спалахи відбуваються в моменти різких змін характеристик магнітного поля Сонця. Частки, що мчать зі швидкістю в кілька сотень тисяч кілометрів за секунду, в лічені хвилини досягають околиць Землі. Магнітне поле нашої планети, як видно з малюнка, відводить потоки часток до полюсів планети, де виникає світіння верхніх шарів атмосфери — полярні сяйва. Але цим справа не обмежується. Порушується радіо- і мобільний зв'язок, під загрозою опиняється безпека польотів літаків, порушується робота ліній електропередачі.

Ученими достовірно встановлене існування 11-річних і 22-річних циклів сонячної активності. У періоди «неспокійного Сонця» змінюється навіть форма його корони — у звичайний час вона має витягнуту в площині екліптики форму, а в максимально активному стані виглядає як яскравий вінець, що повністю оточує світило.

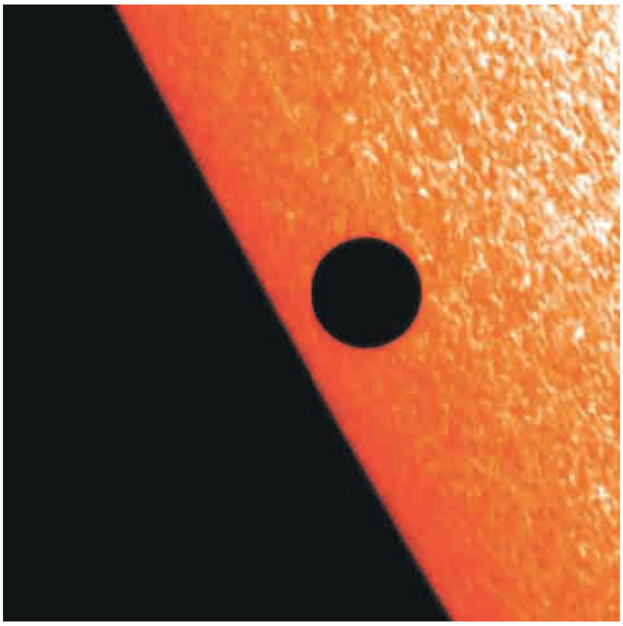
Взаємодія сонячного вітру й магнітного поля Землі. Магнітне поле нашої планети працює немов броня, яка захищає живі організми від згубної дії жорсткого випромінювання світла



МЕРКУРІЙ: ПЛАНЕТА З ПРИМХАМИ

Перша й найближча до Сонця планета Сонячної системи — Меркурій. Навіть сьогодні він залишається найбільш малодослідженою планетою земної групи. На це є причини. Спостерігати за Меркурієм у телескоп украй важко — його орбіта розташована занадто близько до Сонця, і планета буквально «купається» у його променях. Якщо ж його і вдається побачити, то тільки на світанку і під час заходу, коли товстий шар земної атмосфери спричиняє сильні оптичні перекручення і не дозволяє роздивитися поверхню планети. Складним виявилося навіть визначення періоду власного обертання планети.

Тому до 1974 р., коли до Меркурія відправився американський космічний апарат «Маринер-10», астрономи нічого не знали про будову його поверхні.

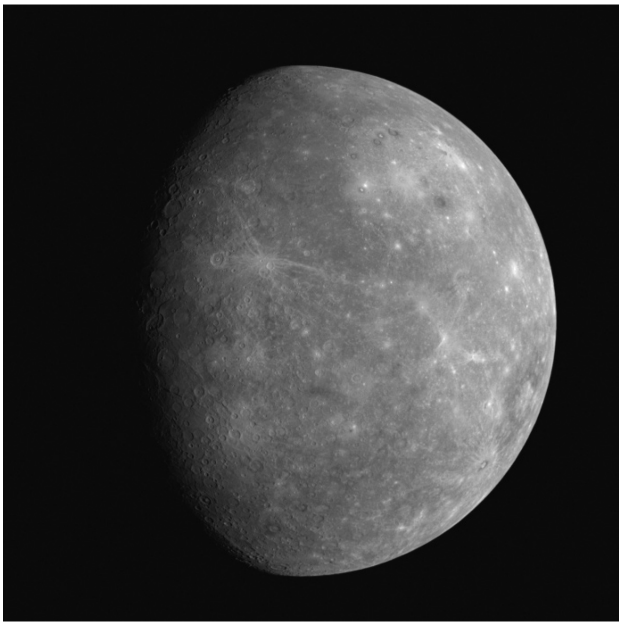


Меркурий проходит мимо солнца. Фотография сделана солнечным оптическим телескопом в 2006 г.

НА ЧЕСТЬ ПОКРОВИТЕЛЯ МАГІЇ Й АСТРОЛОГІЇ

Візуальні спостереження за Меркурієм вели ще астрономи Стародавнього Шумеру — про це є записи на клинописних табличках 3 тисячоліття до н. е. Грецькі астрономи спочатку називали планету Стилбон («Блискучий»), а ближче до рубежу нової ери за нею закріпилася назва на честь грецького й римського бога — покровителя магії й астрології, посланця богів-олімпійців і провідника душ померлих у потойбічний світ. В античні часи вважалося, що Меркурій першим визначив місця планет на небі, винайшов міри, числа й письмо, а головне — навчив усього цього людей. Тому його ім'я й було дано першій від Сонця планеті.

Меркурій. Фото з космічного апарата «Мессенджер»



Меркурій рухається навколо Сонця по дуже витягнутій еліптичній орбіті на середній відстані близько 60 млн км від світила. Меркуріанський рік триває 88 земних діб. Довгий час вважалося, що планета завжди повернена до Сонця одним боком, і лише в 60-х роках 20 століття за допомогою радіолокації поверхні Меркурія було встановлено, що він робить один повний оберт за 58,7 земної доби. Вісь планети майже перпендикулярна до площини екліптики, тому там немає пір року, а біля полюсів є області, у які ніколи не заглядає Сонце.

ШВИДКИЙ, МАЛЕНЬКИЙ, ГАРЯЧИЙ

Меркурій — найменша планета земної групи і найшвидша з усіх відомих. У нього немає супутників, а швидкість його руху навколо Сонця удвічі перевищує швидкість руху Землі по орбіті. Діаметр Меркурія становить 4878 км, що на 1200 км більше від діаметра Місяця, а густина речовини планети співвідноситься із щільністю Землі. Це свідчить про підвищений вміст металів у його надрах і про наявність металевого ядра. Сила тяжіння на Меркурії дорівнює 0,38 земної.

«Місячна» поверхня Меркурія

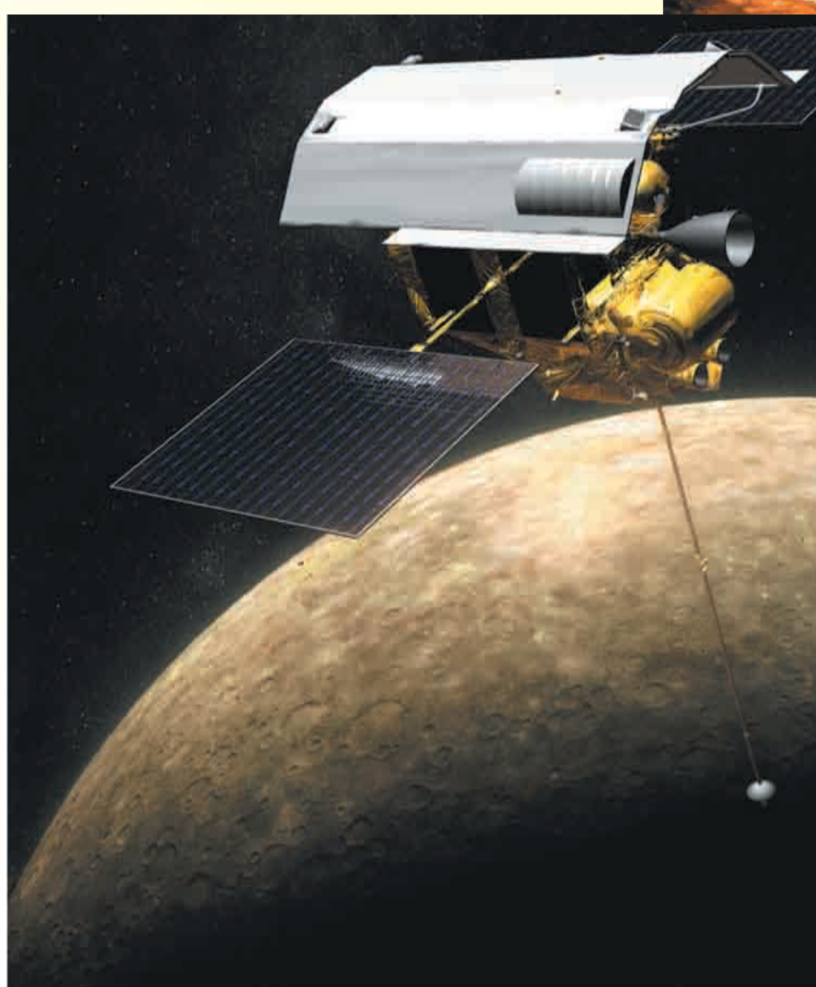
Уже перші фотографії, отримані «Маринером-10», вразили астрономів подібністю Меркурія до Місяця. Поверхня планети виявилася суцільно засіяною кратерами — слідами метеоритних бомбардувань із космосу. При цьому не було помічено ніяких слідів вулканічної діяльності, крім багатокілометрових ескарпів — виступів, які утворилися в результаті зрушень одних ділянок поверхні щодо інших.

Втім, причиною виникнення ескарпів можуть бути зовсім не вулкани. Близькість до розпеченого Сонця, повільне обертання планети й майже повна відсутність атмосфери призводять до того, що на Меркурії спостерігаються найбільш різкі перепади температур у Сонячній системі, вони досягають 600 градусів. Так, опівночі поверхня охолоджується до мінус 180, а опівдні розжарюється до плюс 500 градусів. Важко знайти гірські породи, здатні тривалий час витримувати такі перепади і не перетворитися на звичайнісінький пил і щебінь.

Однак подібність до Місяця неповна. Великі кратери зустрічаються на Меркурії набагато рідше, ніж на Місяці. Найбільший із них має ширину впоперек 625 км і названий на честь німецького композитора Людвіга ван Бетховена. Немає там і ознак ерозії поверхневих шарів, а це означає, що за всю історію Меркурія на ньому ніколи не було щільної атмосфери. Найяскравіша точка на поверхні планети — кратер Койпера діаметром 60 км. Можливо, це пов'язано з тим, що утворився він зовсім недавно і не покритий шарами пилу й подрібнених гірських порід.

Сумірність тривалості доби й року на Меркурії є винятковою для Сонячної системи й призводить до унікальних явищ. Орбіта Меркурія досить витягнута, і за законами Кеплера, на тих ділянках, які ближчі до Сонця, планета рухається швидше. А обертання Меркурія навколо осі має постійну швидкість, і тому то «відстає», то «випереджає» моменти проходження перигелію. У результаті Сонце на небі Меркурія зупиняється й починає рухатися у зворотному напрямку — із заходу на схід. Цей ефект іноді називають «ефектом Ісуса Навина» — за іменем біблійного персонажа, що зупинив рух Сонця, щоб до заходу закінчити битву.

«Мессенджер» — останній із двох космічних апаратів, що побували поблизу Меркурія. Йому вдалося пройти всього за 200 км від поверхні планети і відзняти її майже повністю. Орбіта зонда розрахована так, що в 2011 р. він знову опиниться поряд із Меркурієм і продовжить дослідження



ЦІКАВО

За розташуванням орбіт сусідами Землі є Марс і Венера. Але саме Меркурій майже постійно залишається найближчою до нас планетою. Це пов'язано з тим, що при русі по своїх орбітах Марс і Венера, будучи не так близько «прив'язаними» до Сонця, віддаляються від Землі на дуже великі відстані.

ВЕНЕРА: СВІТ БАГРЯНИХ СУТІНКІВ

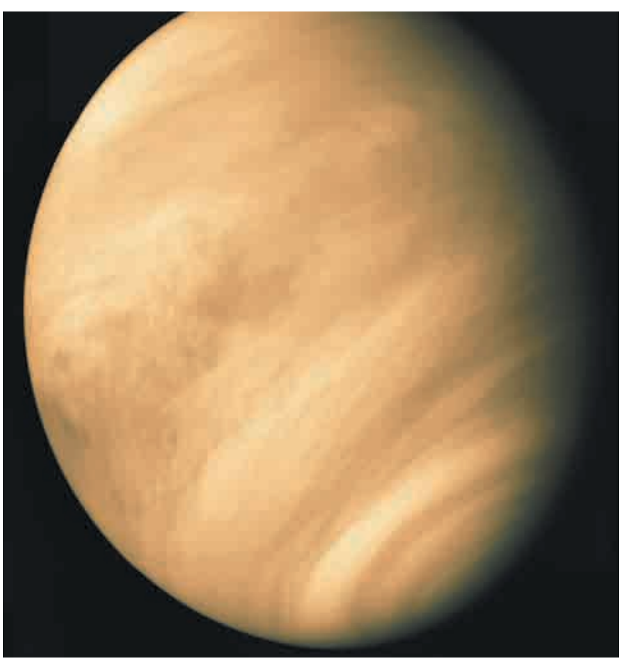
Венера, наша найближча сусідка, — третє за яскравістю після Сонця й Місяця світило на земному небі. Оскільки орбіта Венери розташована ближче до Сонця, ніж земна, ми ніколи не можемо спостерігати її в тій стороні неба, що протилежна до Сонця — тобто опівночі. Венера сяє то лівіше від Сонця (увечері), то правіше (зранку). Це спантеличувало спостерігачів минулого, які були переконані, що ранкова й вечірня Венера — два різніх світила.

Венера — далеко не маленька планета, її діаметр перевищує 12 тис. км, але навіть у найпотужніший телескоп на її поверхні практично неможливо нічого роздивитися, крім мутнуватих плям із розмитими контурами. Справа в тому, що із Землі ми бачимо не поверхню нашої сусідки, а всього лише верхні шари її атмосфери, яка біля поверхні майже у 90 разів щільніша за земну. А хмарність на Венері така, що якби на ній жили живі істоти, то їм ніколи б не судилося глянути на Сонце.

НЕГОСТИННА БОГИНЯ

Венера, яка через свій чудовий блиск отримала ім'я богині любові, краси, квітучих садів і всіх плодоносних сил природи, навряд чи змогла б дати притулок хоч якійсь живій істоті. Скажемо прямо —

Венера з борту космічного зонда. Знімок у природному кольорі



Місяць і Венера

ця планета практично непридатна для розвитку життя.

Свій шлях по майже круговій орбіті на відстані близько 108 млн км від Сонця Венера робить за 224 дні. Вісь її майже перпендикулярна до площини екліптики, а венеріанський день — один оборот навколо власної осі, триває 243 дні, тобто довше від венеріанського року. Атмосфера Венери на 96 % складається з вуглекислого газу, а також азоту, двоокису сірки, аргону й ледь помітних слідів водяної пари. Щільність атмосфери біля поверхні всього в десять разів менша від щільності води, а через парниковий ефект, що створюється вуглекислим газом, на Венері навіть жаркіше, ніж на Меркурії. Якщо на Меркурії температури коливаються в широкому діапазоні, то на Венері майже постійно — і вдень, і вночі — зберігається температура близько 460 градусів!

Ніяка білкова істота при такій температурі, і до того ж під хмарами, що складаються в основному зі сполук сірки й хлору, з яких час від часу починає моросити дощик із концентрованої сірчаної кислоти, вижити не в змозі. Тому надії багатьох дослідників на віднайдення слідів життя на нашій сусідці здаються все більш примарними.

Честь відкриття наявності атмосфери у Венери належить російському вченому М. Ломоносову, що в 1761 р. спостерігав проходження планети по диску Сонця.

ПІД ПОКРИВОМ ХМАР

Можливість заглянути під покрив венеріанських хмар і глибше з'явилася тільки з розвитком методів космічної радіолокації і запуском до Венери перших космічних зондів. Радянські й американські космічні апарати «Венера», «Вега», «Маринер», «Піонер», «Магеллан» спускалися на поверхню планети, передавали кольорові зображення пейзажів Венери, дані про склад її атмосфери, швидкість

Венеріанські пейзажі

вітру й температури на різних висотах. Однак венеріанські умови виявилися настільки суворими, що жоден зі спущених апаратів не пропрацював більше двох годин.

Набагато більш вдалими виявилися спроби скласти карту рельєфу планети з орбіти її штучного супутника. Це зробив американський апарат «Магеллан», що зняв 98 % її поверхні. При цьому на Венері були виявлені значні височини. Найбільші з них — Земля Іштар і Земля Афродіти — співвідносяться за розмірами із земними материками. На Венері також виявилося чимало кратерів, що незвичайно для планети з настільки щільною атмосферою, де метеорні тіла повинні згоряти ще на великих висотах. Можливо, не так давно атмосфера нашої сусідки мала зовсім інші властивості.

ЦІКАВО

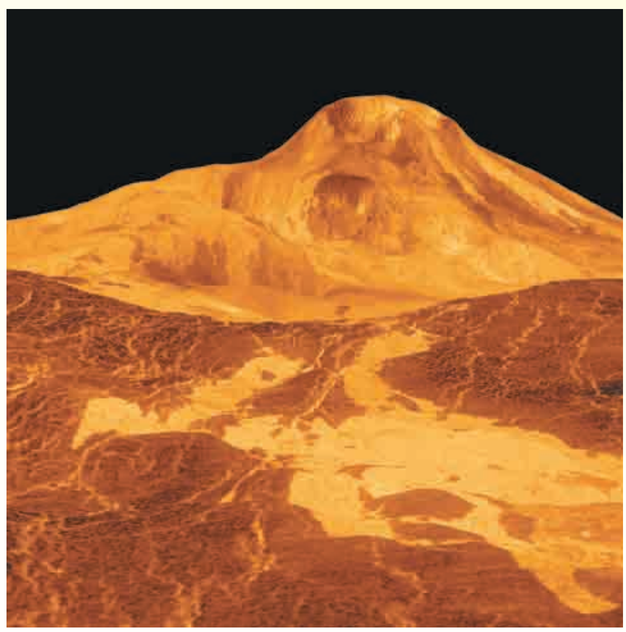
Всі деталі рельєфу Венери — гірські системи, кратери, рівнини, вулканічні утворення — носять виключно жіночі імена. Єдиний виняток — гори на Землі Іштар, розташовані біля плато Лакшмі, названі на честь великого англійського фізика Джеймса Кларка Максвелла (1831—1879), творця теорії електромагнітного поля. Висота гір Максвелла над середнім рівнем поверхні Венери — більше 11 кілометрів!

Майже дев'ять десятих поверхні Венери покриті лавою, за складом близькою до земних базальтів. Кора планети ще зовсім молода, до того ж міцність її послаблюють високі температури, і вулканічні виверження й викиди лави на поверхню у вигляді характерних «оладок» відбуваються всюди. Виверження супроводжуються потужними атмосферними розрядами, викидом в атмосферу газів і ураганами на великих висотах, що досягають швидкості 300 км/год.

Астрономи й астрофізики створили модель внутрішньої будови «суворої богині». Передбачається, що під корою, товщина якої не перевищує 16 км, до глибини близько 3300 км розміщується мантія із силікатних мінералів, у центрі — залізне ядро, що становить чверть усієї маси Венери. Власного магнітного поля в планети нема, і це означає, що в її ядрі не відбувається переміщення заряджених часток, і воно перебуває у твердому й дуже щільному стані.

Поверхня Венери за даними радіолокаційного зондування

Вулкан на Венері



МАРС: ПЛАНЕТА ЧЕРВОНИХ ПУСТЕЛЬ

Марс — четверта за віддаленістю від Сонця й сьома за розмірами планета Сонячної системи. Коли Земля й Марс опиняються по одну сторону від Сонця — астрономи називають такі періоди протистояннями, — Марс на земному небі наливається криваво-червоним світлом і виглядає досить зловісно. Можливо, тому він і одержав ім'я давньоримського бога війни, чиїм земним символом вважався вовк. Через особливий відтінок поверхні Марс нерідко називають «Червоною планетою». Цього кольору йому надає велика кількість окисів заліза у верхніх шарах кори. Однак головна «родзинка» планети не в цьому. Протягом декількох століть астрономи, які вели спостереження за Марсом, відводили йому в Сонячній системі роль «іншої Землі» — планети земної групи, на якій могло розвинутися життя. Дехто навіть припускав, що це життя може виявитися розумним. Деякі підстави для цього були, але дослідження Марса за допомогою космічних апаратів в останні десятиліття помітно охолодили запал ентузіастів.

У наші дні вивчення Марса ведеться як ніколи широко, і можна із упевненістю сказати, що астрономам відомо про «Червону планету» більше, ніж про будь-який інший об'єкт у Сонячній системі. На Марсі працюють цілих три космічних апарати: «Марс Одіссей», «Марс Експрес» й «Марс Реконнессанс Орбітер», а поверхню планети досліджують два марсоходи — «Спіріт» та «Оппортуніті».

Марс у природних кольорах

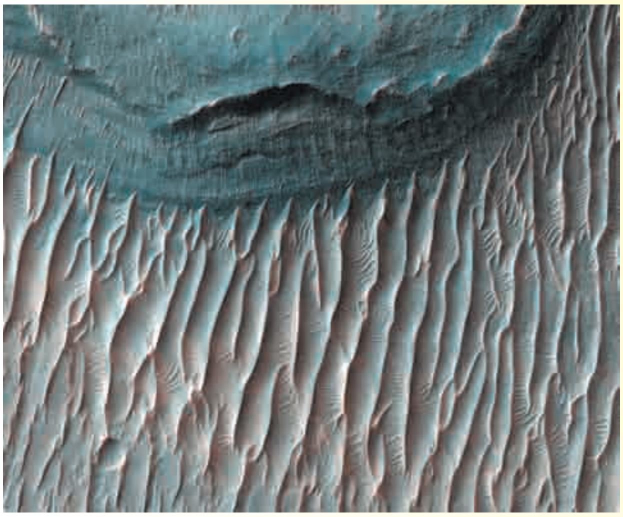
Атмосфера Марса

ЯКИЙ ВІН — «БОГ ВІЙНИ»?

У періоди Великих протистоянь Марс наближається до Землі на відстань 55,75 млн км, а його орбіта віддалена від Сонця в середньому на 228 млн км. Планета невелика — вона майже вдвічі менша від Землі, а її діаметр становить близько 6700 км. Площа поверхні Марса майже така сама, як і площа всієї земної суші, і це дійсно суша — води в рідкому стані на Марсі практично нема, хоча є деяка кількість водяного льоду й пари.

Марс обертається навколо своєї осі, що нахилена до площини орбіти під кутом 25 градусів. Марсіанська доба триває майже стільки ж, скільки й земна — 24 години 37 хвилин, а рік на Марсі складається з 668,6 марсіанської доби. Завдяки нахилу осі, близькому до земного, на планеті існують пори року, причому марсіанські весна й літо тривають набагато довше, ніж зима й осінь у північній півкулі планети, а в південній — навпаки.

Розріджена атмосфера Марса складається в основному з вуглекислого газу з невеликою кількістю азоту, аргону й кисню, але вчені вважають, що в минулому вона могла бути значно щільнішою, а клімат — більш теплим і вологим. Так чи інакше, а зараз атмосферний тиск на «Червоній планеті» настільки низький, що вода закипає при температурі +2 °C. Температура на екваторі планети коливається від +30 опівдні до –80 °C опівночі, а поблизу полюсів іноді опускається до –123 °C. У холодну пору року в полярних областях Марса утворюються полярні шапки, що складаються з во-



Яри на Марсі

дяного льоду й замерзлої вуглекислоти. З настанням теплого сезону практично вся вуглекислота випаровується, тиск зростає, і по всій планеті починають віяти сильні вітри, які піднімають в атмосферу таку кількість червонуватого пилу, що на диску планети неможливо розрізнити жодної деталі навіть за допомогою космічних телескопів.

«МАТЕРИКИ» І «МОРЯ»

Дві третини поверхні Марса займають світлі області, що одержали назву «материків», біля третини — темні ділянки, які називають «морями», хоча насправді це ділянки суші, які утворені гірськими породами, на яких не затримується всюдисущий марсіанський пил. У південній півкулі планети багато кратерів — як метеоритного, так і вулканічного походження, на півночі їх набагато менше — там переважають гладкі рівнини. У північній півкулі перебувають дві області стародавніх вулканів — Тарсис і Елізій. На краю Тарсиса розташована найбільша на Марсі й у Сонячній системі гора Олімп (27 км над середнім рівнем поверхні). Це вулканічний конус, довжина окружності якого досягає 600 км, оточений обривами, частина яких досягає 7 км у висоту. Найбільший на Марсі тектонічний розлам Долина «Маринера», названий на честь першого космічного апарата, що побував в околицях планети, займає чверть окружності планети й досягає глибини 10 км. На його схилах трапляються грандіозні зсуви гірських порід.

На Марсі є безліч деталей рельєфу, які могли утворитися тільки за наявності великих мас води. Вони нагадують яри й русла висохлих рік. Крім того, марсоходи виявили на поверхні планети гірські породи, які могли утворитися тільки на дні водних потоків.

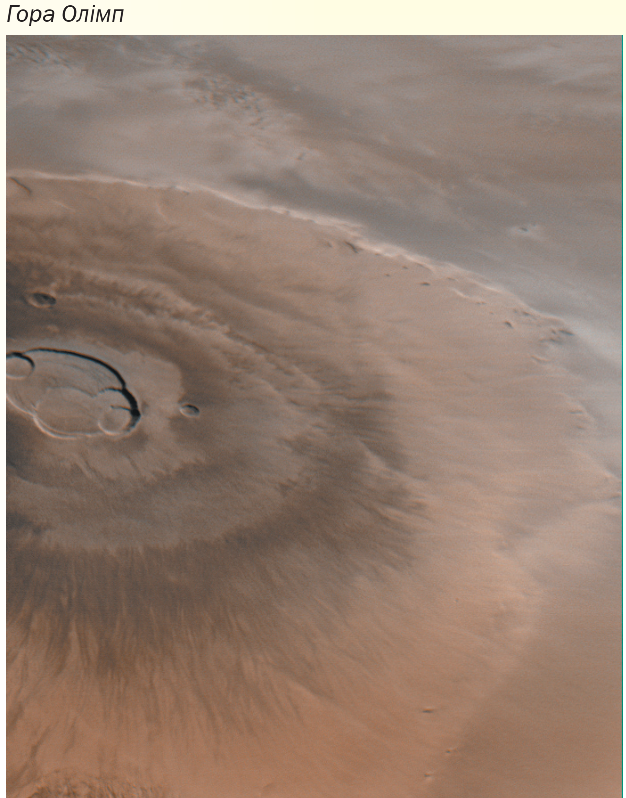
ЦІКАВО

Пошуки життя на Марсі поки не дають обнадійливих результатів. Навіть спроби знайти сліди діяльності мікроорганізмів залишилися безуспішними. У той же час на планеті продовжують виявлятися об'єкти, походження яких залишається загадковим. Так, орбітальній станції «Марс Реконнессанс Орбітер» вдалося сфотографувати на плато Тарсис таємничу «чорну діру», що прямує глибоко в надра планети і зовсім не схожа на вулканічний кратер. А при уважному вивченні знімків, зроблених марсоходом «Спіріт», був помічений об'єкт діаметром близько 3 см, з приводу якого дослідники тільки розводять руками — уже надто він схожий на монету з викарбуваним жіночим профілем.

«СТРАХ» І «ЖАХ»

Навколо Марса обертаються два супутники: Фобос (у перекладі із грецької — «страх») і Деймос («жах»). Саме так звали коней бога війни, які мчали його колісницю в жорстоких битвах. Обидва супутники обертаються навколо своїх осей із тим же періодом, що й навколо Марса, і тому завжди повернуті до планети одним боком. Астрономи вважають, що Фобос і Деймос — астероїди, захоплені гравітаційним полем Марса. Фобос трохи більший від Деймоса, тому дія сил тяжіння Марса поступово сповільнює його рух і зрештою призведе до падіння супутника на планету. Деймос менший, він повільно віддаляється від Марса й рано чи пізно звільниться від гравітаційного «повідка» і вирушить у самостійні мандрівки.

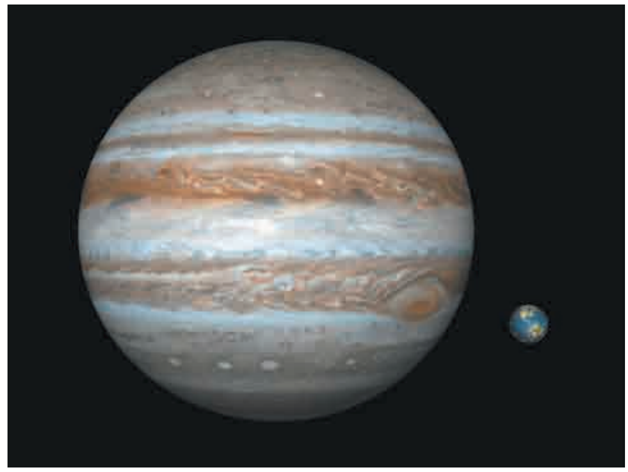
Гора Олімп



ЮПІТЕР: ВОЛОДАР БУР

Юпітер — п'ята планета від Сонця, і найбільша в Сонячній системі. Він був відомий людям із глибокої давнини, а своє ім'я одержав на честь верховного божества римського пантеону, володаря небес, світу і гроз. І треба сказати, античні звіздарі і в цьому випадку виявилися надзвичайно прозорливими.

Маса Юпітера перевершує масу Землі в 318 разів, до того ж він у два рази масивніший, ніж усі інші планети Сонячної системи разом узяті. Оскільки Юпітер складається в основному з водню й гелію, то його відносять до планет — газових гігантів. Якби в період утворення маса Юпітера виявилася трохи більшою, то в нього був би шанс перетворитися на зірку. І тоді замість Сонячної системи виникла б система подвійної зірки Сонце—Юпітер. Разом з Юпітером до газових гігантів також належать Сатурн, Уран і Нептун.



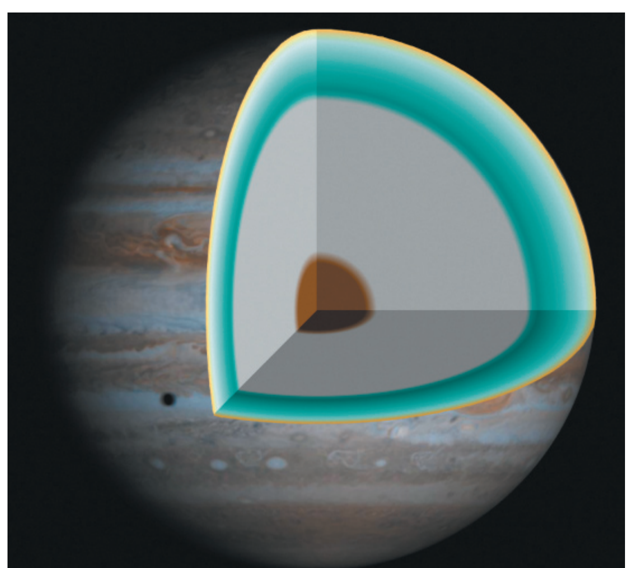
Порівняльні розміри Юпітера і Землі

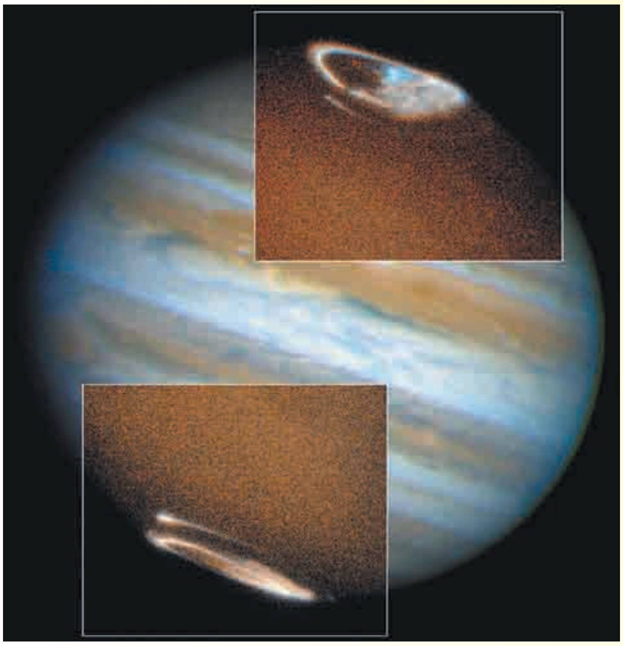
«ПРИХИЛЬНИЙ ОБ'ЄКТ»

Справді, Юпітер є чи не найзручнішим об'єктом для астрономічних спостережень у Сонячній системі. Недарма перші ж відкриття, зроблені Галілеєм з використанням найпростішого телескопа, мали до Юпітера пряме відношення — великий астроном виявив наявність у планети-гіганта супутників. Але те, що ми бачимо в телескоп на Юпітері,— усього лише верхні шари його атмосфери. Планета стрімко обертається навколо своєї осі — швидше за всі інші планети Сонячної системи, і юпітеріанська доба триває усього 10 годин. Тому хмари в його атмосфері утворюють світлі й темні смуги, витягнуті паралельно екватору, а диск Юпітера помітно сплюснутий біля полюсів. Взаємодія між цими атмосферними областями, що переміщуються з різною швидкістю, призводить до виникнення невимовно потужних бур і штормів уздовж їхніх меж. Зокрема, добре відомий усім, хто коли-небудь бачив планету в об'єктиві телескопа, об'єкт Велика Червона Пляма, являє собою не що інше, як гігантський ураган, що бушує принаймні із середини 17 століття й не збирається вщухати. Швидкість вітрів на Юпітері вдалося виміряти за допомогою спускних зондів — вона складає до 600 км/год, а температура, що у верхніх шарах атмосфери дорівнює –130 °C, уже на глибині 120 км підвищується на триста градусів, при тому, що тиск у 24 рази більший за земний.

Юпітер. Зображення отримане за допомогою космічного телескопа «Хаббл»

Внутрішня будова Юпітера





Полярні сяйва на юпітеріанських полюсах. Фото космічного телескопа «Хаббл»

Скоріше за все, у надрах Юпітера є тверде ядро, але основна маса планети, що складається з різних модифікацій водню й гелію, рухлива. Тому в планети потужне магнітне поле, у полярних областях палахкотять величні полярні сяйва, а глибоко під поверхнею розміщена Велика Рентгенівська Пляма — потужне джерело пульсуючого рентгенівського випромінювання, походження якого залишається загадкою.

Одним словом — у Юпітера стільки таємниць, що їх вистачить на багато поколінь дослідників. І кожного наступного року вчені отримують нові дивовижні результати й навіть здійснюють відкриття в околицях гіганту.

ЮПІТЕРІАНСЬКА СТАТИСТИКА

Газовий гігант рухається по орбіті на відстані 778 млн км (5,2 астрономічні одиниці) від Сонця. При тому, що сам Юпітер стрімко обертається, його орбітальний рух неквапливий, і юпітеріанський рік триває 11,86 земного року. Вісь обертання Юпітера розміщена майже перпендикулярно до площини орбіти, тому ніяких пір року в нього немає. І, нарешті, розміри: діаметр Юпітера на екваторі дорівнює 143 тис. км, що в 11,2 разу перевищує діаметр Землі. Він воістину «генерал» серед планет Сонячної системи — його притягання впливає навіть на рух Сонця. Щільність речовини газового гіганта практично така ж, як і в нашої зірки, і значно поступається щільності Землі.

ЦІКАВО

Більшість із відкритих дотепер 423 екзопланет — планет, розташованих поза Сонячною системою, які обертаються навколо інших зірок і зоряних систем,— найбільше схожі на Юпітер. Вони теж є газовими гігантами і подібні до Юпітера за масою й розмірами. Тому маса й радіус Юпітера широко використовуються астрономами як зручні одиниці виміру, якими описуються властивості екзопланет.

Юпітер виділяє в 2—3 рази більше енергії, ніж одержує від сонячного випромінювання. Причина цього — у стисненні речовини планети, що триває, і в процесах радіоактивного розпаду в її надрах. А от те, що відбувається під шаром юпітеріанських хмар, уявити нелегко. Нижче від бурхливого хмарного шару лежить шар водню, завтовшки до 25 тис. км, у якому газ через гігантські тиски й температури поступово змінює свої властивості, перетворюючись на рідину. Чіткої межі між газоподібним і рідким воднем немає, і надра Юпітера виглядають як безупинно киплячий водневий океан, що огортає всю величезну планету.

Під рідким воднем розміщується шар рідкого металевого водню завтовшки близько 30 тис. км. Там панують тиски в мільйони атмосфер і температури в десятки тисяч градусів, виникають електричні струми небаченої потужності та інші, поки не відомі науці явища. Саме там народжується могутнє магнітне поле Юпітера.

Велика Червона Пляма — ураган на Юпітері, що постійно існує протягом трьох століть. Велика Червона Пляма обертається навколо своєї осі, здійснюючи повний оберт за 6 земних діб

ЮПІТЕР: СУПУТНИКИ Й КІЛЬЦЯ

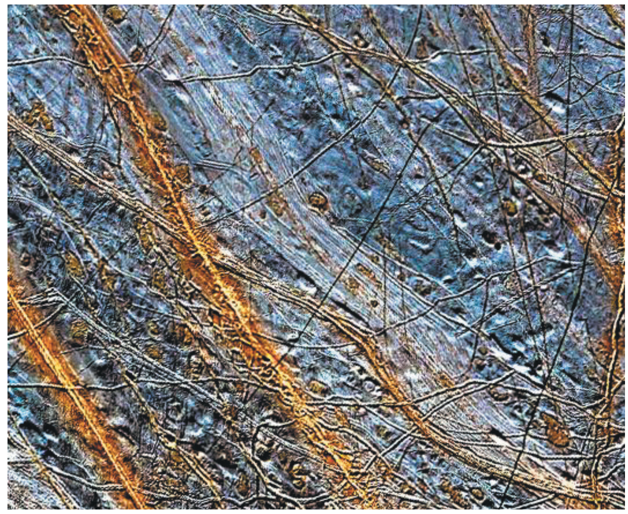
Завдяки своїй величезній масі й, відповідно, гравітації, Юпітер оточений великою кількістю природних супутників. Сьогодні астрономам відомі 63 супутники Юпітера — більше, ніж у будь-якої іншої планети Сонячної системи, але й це не межа. Учені вважають, що насправді їх — великих і малих — не менше сотні.

У 1610 р. Галілео Галілей, спостерігаючи за планетою в телескоп, відкрив чотири найбільші супутники Юпітера — Іо, Європу, Ганімед і Каллісто. З тих пір вони звуться «галілеєві супутники». Ці небесні тіла обертаються на досить віддалених від планети орбітах, тому із Землі їх можна роздивитися навіть у сильний польовий бінокль. Із першої «четвірки» установилася традиція давати супутникам Юпітера імена тих міфологічних персонажів, які переказ пов'язує з верховним божеством, або тих, до кого він проявляв особливу прихильність.

До кінця 70-х років 20 століття було відомо вже 13 супутників, а в 1979 р., здійснюючи проліт повз Юпітер, космічний апарат «Вояджер-1» виявив ще три. Починаючи з 1999 р., коли почали працювати наземні й космічні телескопи нового покоління, були відкриті ще 47 супутників Юпітера. Більшість із них мають діаметр усього в 2—4 км і є астероїдами, «захопленими в полон» притяганням гіганта.

«ГАЛІЛЕЄВА ЧЕТВІРКА»

Чотири найбільші супутники Юпітера вражаюче не схожі один на одного. Це свого роду «Сонячна система в мініатюрі». Але лише завдяки знімкам із космічних зондів «Вояджер-1», «Вояджер-2» і «Галілео» астрономам стали відомі деталі їхньої будови, рельєфу й багато інших дивовижних подробиць.

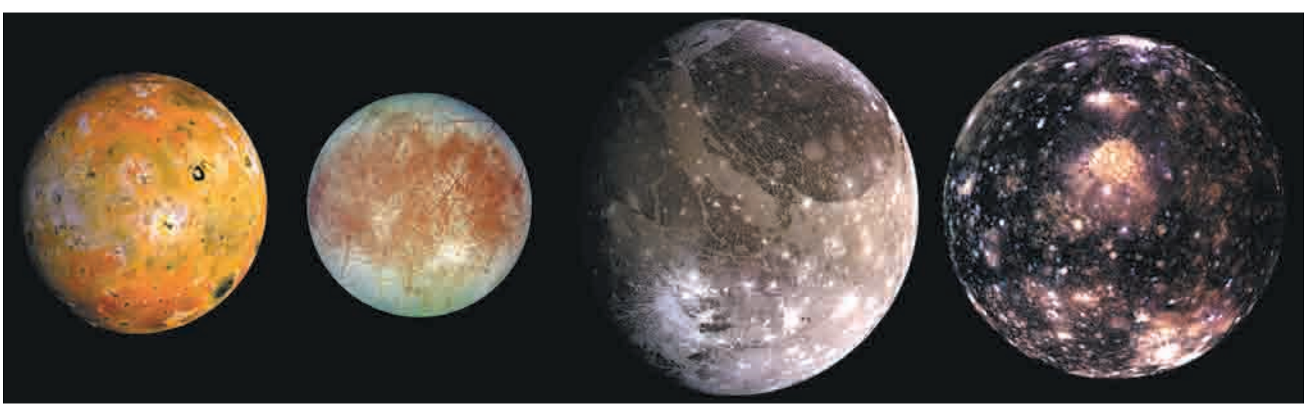


Поверхня Європи

Строкато забарвлена Іо, діаметр якої становить 3643 км, має найвищу вулканічну активність у Сонячній системі — на супутнику може одночасно вивергатися до десятка вулканів. Рельєф Іо повністю змінюється буквально за кілька десятків років. Найбільші вулкани на цій планеті викидають розплавлені гірські породи й окиси сірки на висоту до 300 км. За своєю будовою Іо схожа не на крижані супутники газових гігантів, а на планети земної групи. Крім вулканів на Іо були виявлені озера розплавленої сірки й лавові потоки завдовжки в кілька сотень кілометрів.

Європа за своїми розмірами ближча за всіх до Місяця і теж, як і Іо, складається з гірських порід. Але поверх «кам'яного ядра» цей унікальний супутник Юпітера покритий… водою. І це не просто вода в рідкому стані, а грандіозний океан завглибшки близько ста кілометрів, зверху покритий льодом завтовшки до десяти кілометрів. Загальна кількість води на Європі більша, ніж у всіх океанах Землі разом узятих. Поверхня Європи за земними мірками дуже холодна — 150—

Галілеєві супутники Юпітера: Іо, Європа, Ганімед і Каллісто



Виверження вулкана на Іо. Фото космічного апарата «Галілео»

190 °C нижче нуля, її перетинає безліч розламів і тріщин у льоду, що нагадують крижаний панцир на Північному полюсі Землі.

Але найголовніше — під крижаною бронею міститься рідкий і теплий океан, температура в якому навіть вища, ніж у земних тропічних морях. Глибина його досягає 90 км.

Ганімед — найбільший супутник у Сонячній системі. Він удвічі масивніший за Місяць, а його діаметр перевищує діаметр Меркурія. У глибині супутника ховається розплавлене металеве ядро й мантія, що складається з гірських порід, поверх яких лежить шар водяного льоду завтовшки 900—950 км. Не виключено, що між кам'янистими породами й льодом розташований шар рідкої води.

Каллісто — також великий і, мабуть, «найспокійніший» у геологічному відношенні супутник Юпітера. На її поверхні є величезна кількість кратерів — найбільша в Сонячній системі. Це означає, що Каллісто дуже стара, їй більше 4 млрд років.

«Вояджер» поблизу Юпітера

ЦІКАВО

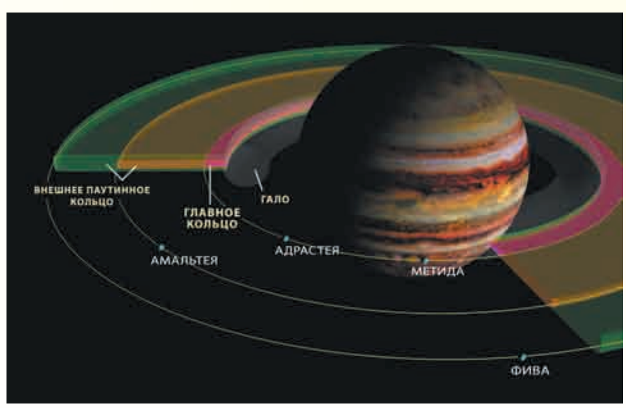
Відкриття на Європі теплого водяного океану має величезне значення для пошуків неземного життя. У найближчі роки європейські вчені планують направити до Юпітера і Європи експедицію з декількох космічних апаратів. Один із них повинен здійснити посадку на поверхню Європи в зоні розламів її крижаного панцира. Після посадки апарат розплавить шар льоду завтовшки в півметра і почне пошук слідів найпростіших форм живих істот або слідів їхньої життєдіяльності.

Поверхня супутника покрита крижаною корою завтовшки 200 км, під якою ховається значний шар рідкої води. У цілому вона на 60 % складається з льоду і води, і лише на 40 % — з гірських порід і заліза. На поверхні супутника виділяється незвичайне утворення — світла пляма діаметром 1600 км, оточена концентричними кільцями. Це слід від падіння величезного метеорита, що носить назву Асгард. Каллісто має розріджену атмосферу, що складається з вуглекислого газу.

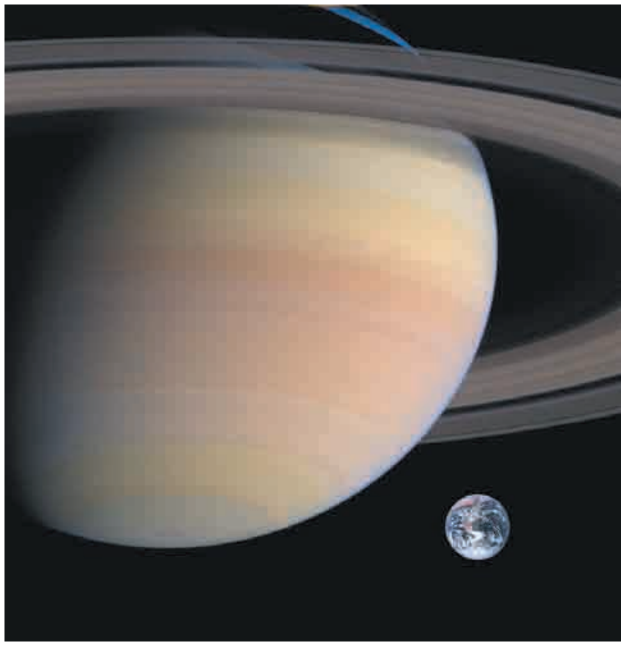
НЕВИДИМІ КІЛЬЦЯ

У 1960 р. радянський астроном С. К. Всехсвятський уперше передбачив існування кілець навколо Юпітера. Однак ніяких доказів цього не було доти, доки в березні 1979 р. «Вояджер-1» не пролетів повз планету і не «глянув» на неї не під тим кутом, під яким ми зазвичай бачимо її із Землі. Кільця газового гіганта дуже тонкі і оточують планету перпендикулярно до екватора на висоті 55 000 км від атмосфери. Знімки з космосу виявили два основні кільця і дуже тонке внутрішнє. Кільця Юпітера складаються з пилу й дрібних кам'яних уламків, що погано відбивають сонячні промені, тому майже непомітні.

Схема кілець Юпітера



САТУРН: ЦАРСТВО ГАРЯЧОГО ЛЬОДУ



Порівняльні розміри Сатурна й Землі

Для астрономів минулого Сатурн був останнім рубежем, далекою межею Сонячної системи, за якою перебувала кришталева сфера із прикріпленими до неї нерухомими зірками. І справді: всі розташовані за орбітою Сатурна планети неможливо побачити неозброєним оком. Названий на честь найдавнішого божества родючості й землеробства, якого невдячний син — Юпітер — позбавив трону, Сатурн розташований у дев'ять із половиною разів далі від Сонця, ніж Земля. Такий же газовий гігант, як і Юпітер, він не виглядає особливо яскравим на небосхилі, та й рухається набагато повільніше — рік Сатурна триває 29,5 земного року.

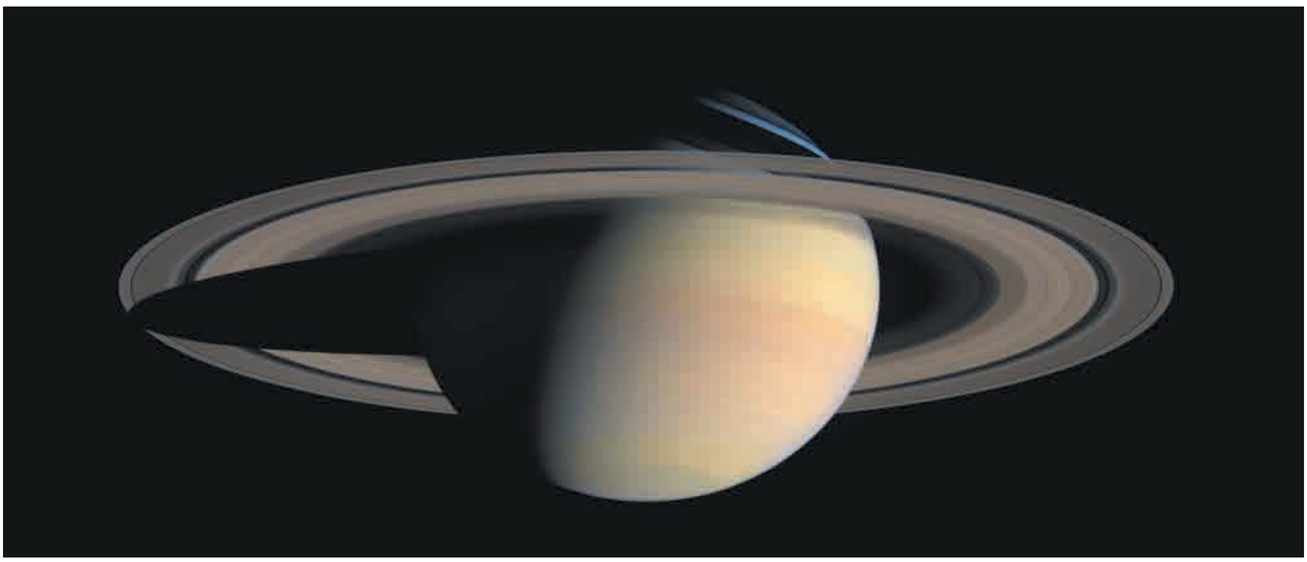
При спостереженні в телескоп ця планета нагадує Юпітер — на її диску можна розрізнити такі ж темні й світлі смуги, що чергуються паралельно екватору. Колір Сатурна блідо-жовтий, із холодним блакитнуватим відтінком. Як і Юпітер, Сатурн не має твердої поверхні, зате найпомітніша деталь, що надає йому унікального вигляду, — численні гігантські, яскраво сяючі кільця, — добре видима із Землі навіть у простіший телескоп.

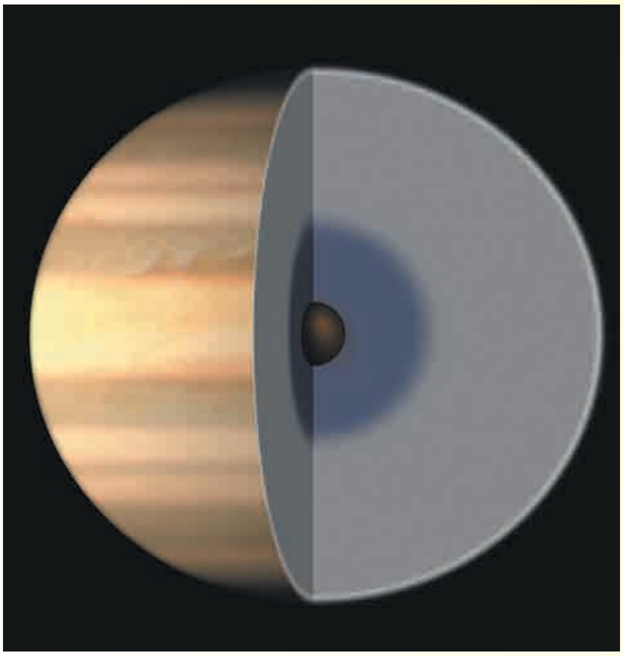
ВОДНЕВА ДЗИҐА

Гігантська планета, що лише трохи поступається розмірами Юпітеру, обертається з величезною швидкістю — повний оборот Юпітер здійснює за 10 годин 34 хвилини. Діаметр Сатурна на екваторі становить більше 120 тис. км, а вісь планети, помітно сплюсненої біля полюсів, нахилена під кутом 27 градусів до площини її орбіти.

Водень із домішкою гелію, води, метану, аміаку — основні речовини, з яких складається Сатурн, причому водню там більше, ніж на Юпітері. Його середня щільність набагато менша від щільності води, і якби існував океан підходящих розмірів, Сатурн спокійно плавав би на його поверхні. Зовнішні шари атмосфери планети здаються спостерігачеві спокійними й безтурботними — на них немає вихрових утворень, подібних до Великої Червоної Плями на Юпітері. Однак це вдаваний спокій. За даними космічних зондів, швидкість вітрів на Сатурні місцями може досягати 1800 км/год, причому бушують такі «надурага-

Сатурн. Фото з орбіти космічного зонда-супутника «Кассіні»





Будова Сатурна

ни» не тільки у верхніх шарах атмосфери, але й на глибині понад дві тисячі кілометрів.

У міру віддалення від зовнішніх шарів атмосфери тиск і температура росте, водень переходить у рідкий стан. У центральній області Сатурна перебуває масивне ядро, що складається із заліза, гірських порід і... водяного льоду, покритого тонким шаром металевого водню.

Лід, що існує при температурах у кілька тисяч градусів — це може здатися абсурдним! Однак лід сатурніанських надр не зовсім звичайний. Його молекулярна структура відрізняється від звичайного льоду приблизно так, як відрізняється структура алмазу від структури графіту, і властивості також зовсім інші.

Неспокійні надра планети народжують потужне магнітне поле, яке можна виявити навіть на відстані мільйона кілометрів від Сатурна. В атмосфері відбуваються потужні грозові розряди, палахкочуть полярні сяйва, а збурені маси водню випускають сильне ультрафіолетове випромінювання.

«ГІГАНТСЬКИЙ ГЕКСАГОН»

Найдивовижнішим явищем в атмосфері Сатурна є «Гігантський гексагон». Про його існування не підозрювали астрономи, що спостерігали за планетою із Землі — «Гігантський гексагон» розташований прямо на північному полюсі Сатурна. Він частково потрапив на один зі знімків, переданих «Вояджером», а потім, через 25 років, був повністю знятий космічним апаратом «Кассіні». Завдяки вдалому куту спостереження вченим вдалося роздивитися глибинну структуру цього дивного явища.

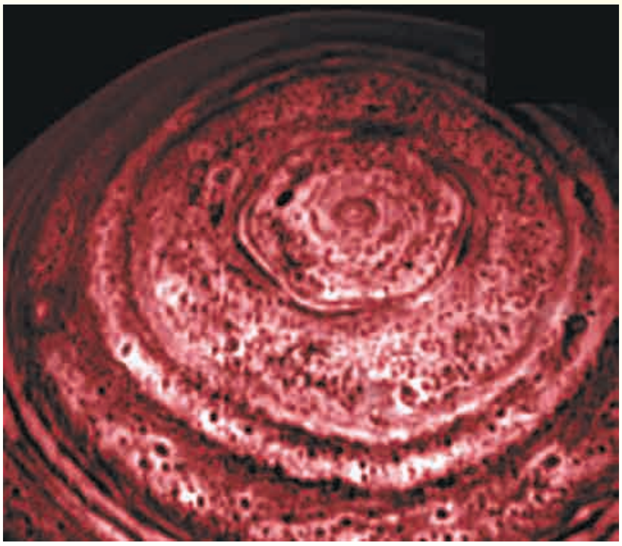
«Гігантський гексагон» являє собою правильний шестикутник із поперечником у 25 тис. км — на ньому може поміститися чотири Землі. Це вихор зовсім незвичайної форми, стіна аміачних хмар, що стрімко несеться уздовж сторін шестикутника і йде в глиб атмосфери на відстань до ста кілометрів. «Гексагон» обертається разом із глибинними частинами сатурніанської атмосфери і «не в такт» із рухом її зовнішніх областей. Фахівці вважають, що він являє собою гігантську «стоячу» хвилю, що оточує полюс планети.

Автоматичний космічний зонд «Кассіні», що в цей час є штучним супутником Сатурна, передав нові зображення Північної півкулі планети в інфрачервоному діапазоні. На цих кадрах дослідники виявили полярні сяйва, яких ніколи не спостерігали в Сонячній системі. Вони забарвлені в блакитний колір, а хмари, що лежать внизу,— у червоний. Полярні сяйва на Сатурні можуть покривати увесь полюс, тоді як на Землі і Юпітері кільця полярних сяйв тільки оточують магнітні полюси.

ЦІКАВО

Юпітер і Сатурн у своєму русі по орбітах іноді опиняються по один бік від Сонця. Сумарна маса обох газових гігантів така велика, що при цьому зміщується умовний центр ваги Сонячної системи. Це викликає потужні збурення на Сонці, які, у свою чергу, впливають на нашу Землю.

«Гігантський гексагон» на північному полюсі планети



САТУРН: ФЕЄРІЯ КІЛЕЦЬ

Спостерігаючи за Сатурном у телескоп у 1609—1610 рр., Галілео Галілей помітив, що планета виглядає не як єдине небесне тіло, а як три тіла, що торкаються одне до одного. Учений висловив припущення, що Сатурн, імовірно, має два великі супутники — у ті часи їх називали «компаньйонами». Але через два роки Галілей повторив свої спостереження і з подивом виявив, що супутники планети... безвісти зникли.

Лише у 1659 р. Хрістіан Гюйгенс за допомогою потужнішого й досконалішого телескопа з'ясував, що «компаньйони» — не що інше, як тонке плоске кільце, що оперізує Сатурн на деякій відстані від поверхні планети. Тоді ж був відкритий найбільший супутник Сатурна — Титан. Гюйгенс першим припустив, що кільце Сатурна не є суцільним твердим тілом, а складається з безлічі дрібних і великих фрагментів, але колеги-академіки накинулися на вченого, стверджуючи, що нічого подібного просто не може існувати в природі.

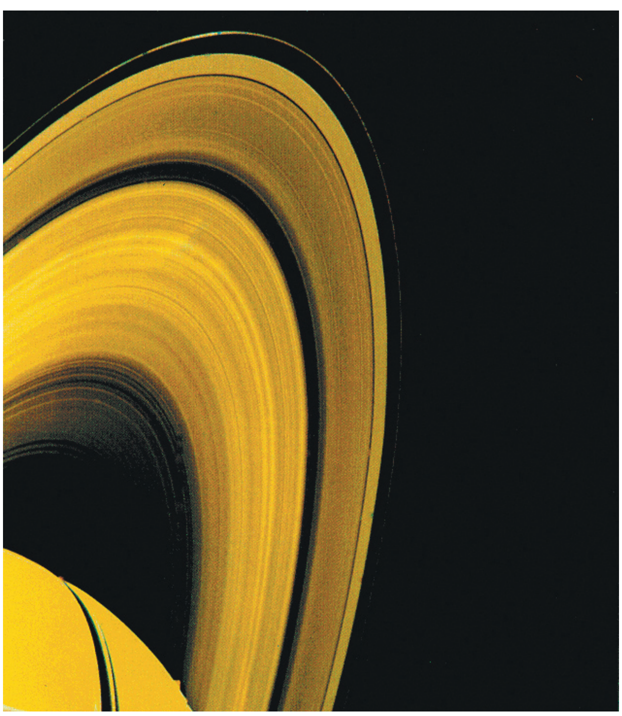
Починаючи з 1675 р., вивченням Сатурна займався директор Паризької обсерваторії Джованні Кассіні (1625—1712 рр.). Йому вдалося встановити, що кільце Сатурна не суцільне, а складається із двох кілець різних діаметрів, розділених чітко видимим проміжком, який одержав назву «щілина Кассіні». Пізніше, у міру збільшення роздільної здатності телескопів, астрономи розділили кільця Сатурна на зовнішнє кільце A, відділене від нього щілиною Кассіні кільце B і напівпрозоре внутрішнє кільце C.

У 1979 р. космічний апарат «Піонер-11» уперше пролетів поблизу Сатурна, а в 1980 і 1981 р. за ним попрямували апарати «Вояджер-1» і «Вояджер-2». Ці апарати вперше в історії передали на Землю детальні знімки структури кілець і з'ясували їхній склад. Перед здивованими астрономами відкрилася чудова колірна феєрія сотень і тисяч тонких кілечок, у вигадливій послідовності «зібраних» навколо планети-гіганта.

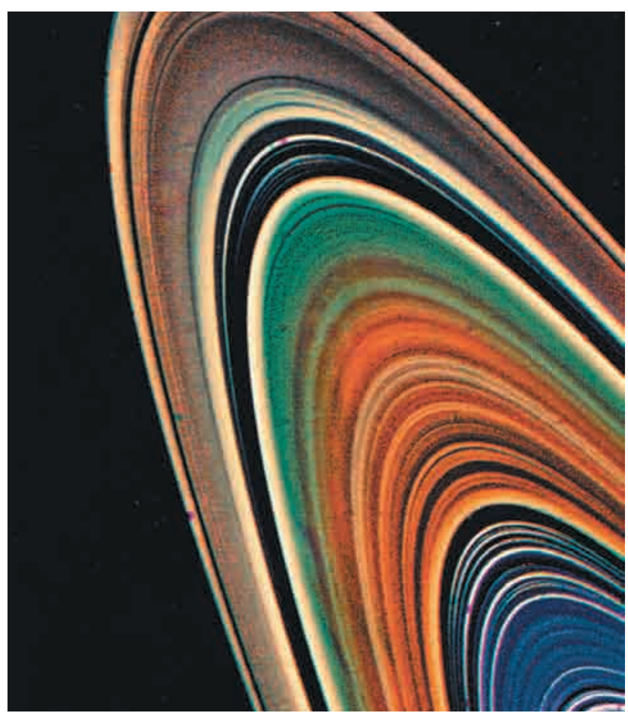
КРИЖАНА КАРУСЕЛЬ

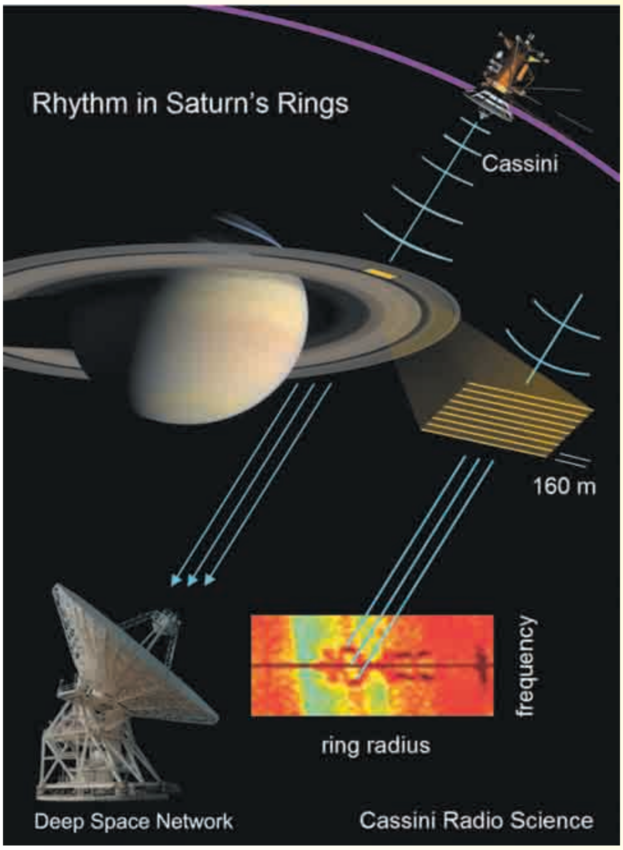
Сучасним астрономам відомо, що в усіх чотирьох газових гігантів — Юпітера, Сатурна, Урана й Нептуна — є кільця, але в Сатурна вони найпомітніші, масивні й надзвичайно яскраві. Кільця розташовані під кутом приблизно 28 градусів до площини орбіти Сатурна, тому із Землі вони виглядають по-різному: залежно від взаємного розташування планет їх можна побачити то «з ребра» — і тоді вони практично зникають, то у всій красі. Хрістіан Гюйгенс виявився правий — кільця Сатурна справді складаються з мільярдів дрібних часток, що опинилися на навколопланетній орбіті. Але що вражає — при діаметрі близько 250 тис. км товщина кілець не досягає і двадцяти метрів, а якщо зібрати воєдино всю їхню речови-

Сатурн і його кільця



Кільця з відстані 1,8 млн км. Фото космічного апарата «Кассіні»





Точну структуру і розміри кілець Сатурна вдалося встановити за допомогою радіосигналів, що посилаються з кільця на Землю з апарата «Кассіні»

ну, то з неї вийшло б космічне тіло діаметром не більше ста кілометрів.

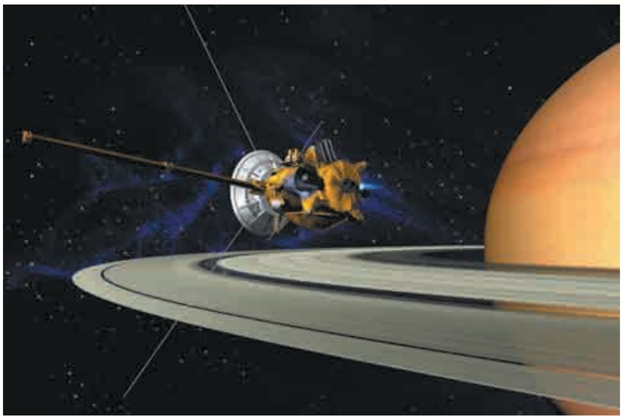
Однак про кількість сатурнових кілець астрономи минулого навіть не здогадувалися. Справді, існує кільце A, щілина Кассіні завширшки близько 4 тис. км, найяскравіше кільце B і напівпрозоре кільце C, найближче до планети. При цьому кожне з них складається з тисяч більш вузьких кілець, що також чергуються із щілинами й по-різному відбивають світло. Навіть у щілині Кассіні розташовано кілька найтонших кілечок. Із великої відстані це нагадує звукові доріжки на старих грамплатівках. Більшість часток, з яких складаються кільця, мають розмір у кілька сантиметрів, але зрідка в них зустрічаються тіла в кілька метрів і навіть до одного-двох кілометрів. Фахівці вважають, що кільця майже повністю складаються з льоду з домішками пилу.

Кільця обертаються навколо Сатурна, підкоряючись гравітації планети. Час від часу їхній склад поповнюється за рахунок «необережних» супутників, які наближаються до Сатурна настільки близько, що притягання планети просто «розриває їх на частини». На кільця впливає не тільки гравітація, але й магнітне поле «хазяїна» — воно особливим чином орієнтує частки в безлічі кілець, і тоді на них з'являються темні поперечні смуги, так звані «споки».

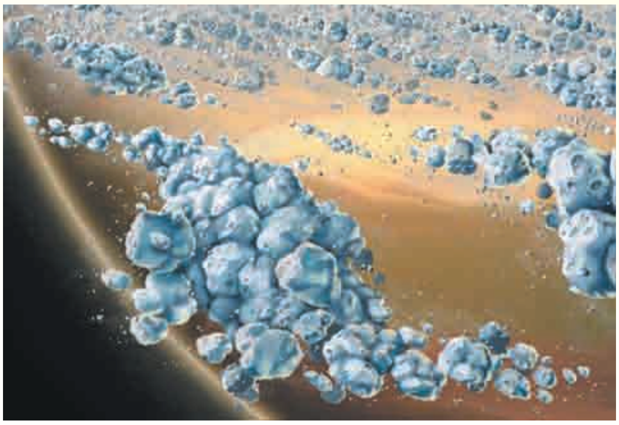
ЗВІДКИ Й ЧОМУ?

Походження кілець Сатурна усе ще викликає запеклі суперечки. Їх вважали залишками великої кількості дрібних супутників, зруйнованих тяжінням Сатурна, але вік кілець — а їм більше 4,5 млрд років, — дозволяє вважати, що вони є залишками протопланетної хмари, з якої виник сам Сатурн і його численні супутники. Поблизу планети існує така область, у якій згустки речовини, що досягли певного розміру, починають зіштовхуватися на великих швидкостях і дробитися. У результаті замість нового супутника виникає ціла хмара дрібних уламків, які поступово «тікають» на інші орбіти й беруть участь в утворенні кілець. Незвичайно мала товщина «крижаних веселок» пояснюється тим, що в екваторіальній площині планети взаємне тяжіння часток урівноважуються відцентровими силами, а в напрямку, перпендикулярному до екваторіальної площини, ці сили не діють, от частки і збираються в надзвичайно тонке кільце.

Зонд «Кассіні» над площиною кілець



Будова кілець Сатурна



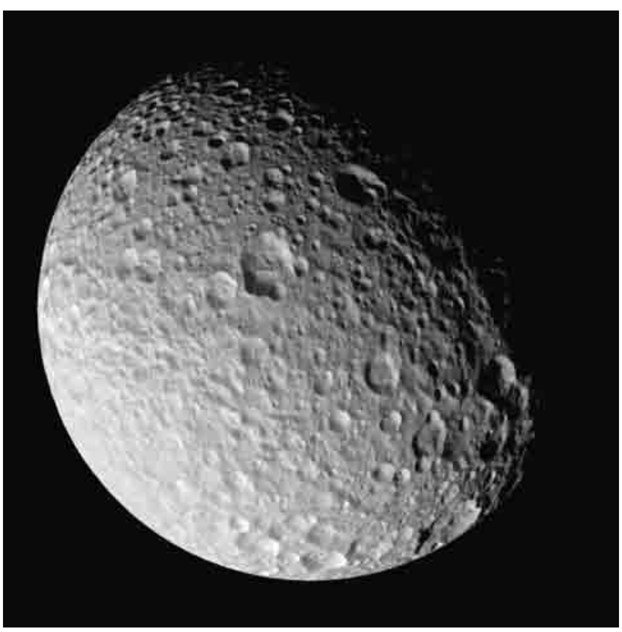
САТУРН: В ОТОЧЕННІ «КОМПАНЬЙОНІВ»

До початку 2010 р. астрономам було відомо 62 супутники Сатурна — усього на один менше, ніж у Юпітера. Але й це далеко не межа. Дослідження околиць окільцьованого гіганта ще тільки починаються, і астрономів чекає чимало дивовижних відкриттів. У другій половині минулого століття було відомо не більше двох десятків супутників, але із введенням в експлуатацію нових наземних і космічних телескопів список «компаньйонів» Сатурна став стрімко рости. Тільки за допомогою космічних апаратів «Вояджер» і «Кассіні» було відкрито 12 супутників.

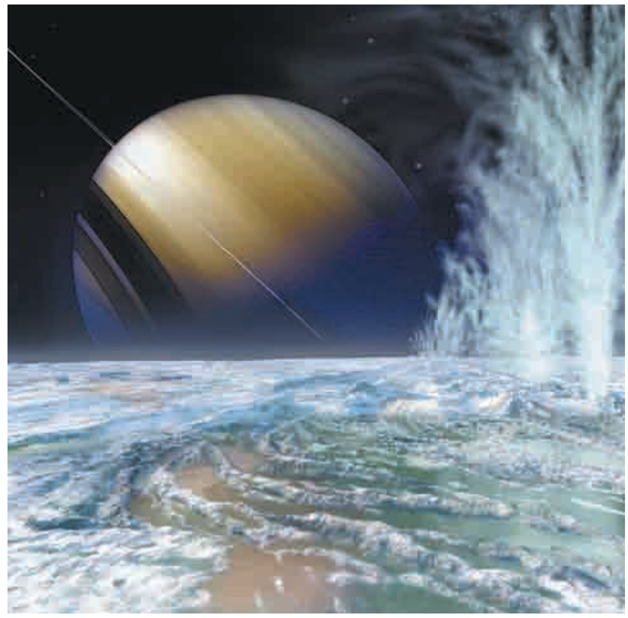
Із 62 супутників Сатурна лише 53 мають власні імена, 23 із них регулярні, тобто обертаються навколо Сатурна по орбітах, що лежать в одній площині і в одному напрямку, інші — нерегулярні. Параметри їх сильно витягнутих орбіт точно невідомі, як невідомо й те, обертаються вони чи ні. При цьому практично всі супутники планети мають приблизно однакий склад — гірські породи й лід.

ВІД МІМАСА ДО ФЕБИ

У свиті Сатурна виділяються кілька крупних небесних тіл. Вони мають незвичайні властивості, але все ще мало досліджені. Найближчим до планети великим супутником є Мімас, відкритий ще у 18 столітті. На його поверхні добре видно гігантський кратер Гершель, утворений падінням на поверхню



Мімас — маленький «місяць» із великим кратером



Крижані гейзери Енцелада

Мімаса гігантського метеорита, який мало не розколов супутник на частини.

Наступний за віддаленістю супутник — Енцелад — найсвітліше тіло в Сонячній системі. Його поверхня відбиває майже все сонячне світло, що падає на неї. Дослідники вважають, що вона покрита товстим шаром світлого інею. Блискучий крижаний Енцелад усередині дуже гарячий — на його поверхні видно не тільки метеоритні кратери, але й сліди вулканічних процесів. Тому там спостерігається дивовижне явище — крижані гейзери.

Ще більше таких слідів на поверхні супутника Діони, а наступний за нею — Рея — має дуже древню, суцільно всіяну метеоритними кратерами поверхню.

Досить великий супутник Тефія, відкритий ще Дж. Кассіні, розташований між орбітами Енцелада й Діони. Унікальність його полягає не тільки у величезному каньйоні Ітака, який, немов слід від удару шаблею, розсікає три чверті кола Тефії, але й у тому, що свою орбіту Тефія ділить із ще двома невеликими супутниками — Телесто й Каліпсо. Рухаючись по одній орбіті, всі три супутники постійно розташовані наче у вершинах рівностороннього трикутника.

Титан, найбільший із супутників Сатурна і другий після юпітеріанського Ганімеда, більший за планету Меркурій і обертається на відстані понад мільйон кілометрів від поверхні Сатурна. Єдиний зі свити Сатурна він оточений досить щільною атмосферою і обкутаний хмарами, що складаються з азоту з домішкою метану.

За Титаном ідуть менші супутники, але і в них є свої яскраво виражені особливості. Так, у Япета одна півкуля відбиває світло в 10 разів краще, ніж

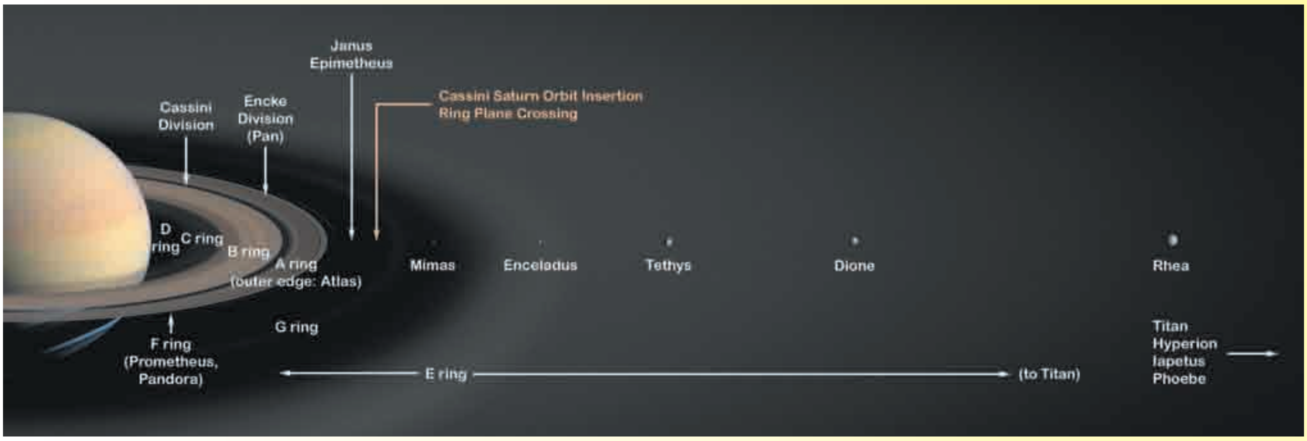


Схема кілець та місяців Титана

інша. Супутник рухається «темною» півкулею вперед, і його колір пов'язаний із тим, що вона в першу чергу потрапляє під дрібні частки льоду та уламки порід. По екватору Япет оперізується дивним гребенем, що робить його схожим на кісточку від персика.

Найбільш далекий із супутників Сатурна, що мають діаметр більше 200 км, — Феба. Інші істотно менші. Феба примітна тим, що має зворотне обертання — ні, не навколо власної осі, а по орбіті. Через усе ще незрозумілі причини вона рухається в напрямку протилежному до руху інших великих супутників. Дослідники припускають, що Феба — комета, перетворена на супутник гравітацією Сатурна.

ПИТАННЯ ДО ТИТАНА

Найбільший із супутників Сатурна — Титан — був відкритий у 1655 р. голландським астрономом Хрістіаном Гюйгенсом, але тільки в 1944 р. було виявлено, що Титан огортає атмосфера, щільність якої в півтора раза більша за земну. Дані спектроскопії показали, що в складі атмосфери переважає метан, а через 40 років радіолокаційне зондування дозволило припустити, що поверхня супутника покрита глибоким океаном. Це викликало пожвавлення серед дослідників, що займаються пошуками неземного життя, — умови на Титані здалися їм схожими на ті, що панували на Землі 4 млрд років тому.

Ентузіазм фахівців, що бачили в Титані «другу Землю», швидко охолонув. У 1997 р. до Сатурна був запущений космічний апарат «Кассіні». У 2004 р. він досяг системи Сатурна і вийшов на орбіту штучного супутника. Під час прольоту мимо Титана від «Кассіні» відокремився спеціальний зонд «Гюйгенс» і на парашуті спустився на поверхню супутника.

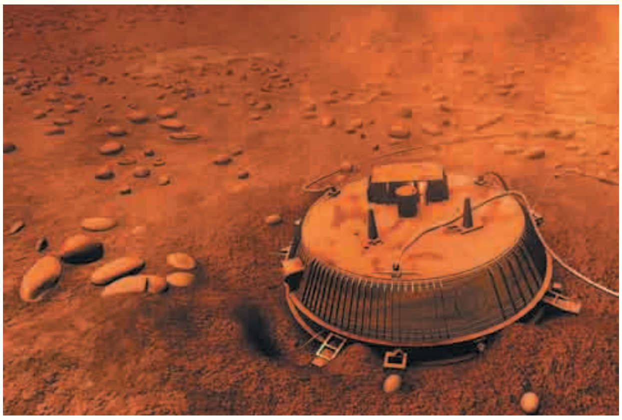
І от що з'ясувалося. Як і інші супутники, Титан складається приблизно наполовину з водяного льоду і наполовину — з кам'янистих матеріалів. Температура на його поверхні –180 °C, що виключає виникнення життя. На Титані є моря, озера й ріки з рідких метану й етану, а також гори, що складаються з водяного льоду. «Гюйгенс» виявив також ознаки вулканічної діяльності особливого типу. У вулканах Титана роль лави швидше за все виконує водяний лід, вода й рідкий аміак — учені назвали це явище кріовулканізм.

В атмосфері Титана, настільки щільній, що поверхню його неможливо побачити в оптичному діапазоні, відбуваються процеси, які зовні дуже нагадують земні — наприклад, утворення купчастих хмар і випадання дощів, у яких роль води грають рідкі метан і етан.

«Кассіні» передав на Землю фото поверхні Титана в різних спектральних діапазонах. У районі екватора був виявлений гірський масив розміром з Австралію — він одержав назву Ксанаду. Також були виявлені долини, русла рік, що течуть із височин, і озера. Екваторіальні регіони супутника покриті довгими паралельними рядами дюн, витягнутих у напрямку пануючих вітрів (із заходу на схід). Також був виявлений купол вулкана Ганеша, що нагадує венеріанські вулкани.

Біля полюсів Титана є великі водойми, заповнені рідким етаном, пропаном і метаном.

Зонд «Гюйгенс», що вперше в історії здійснив м'яку посадку на Титан



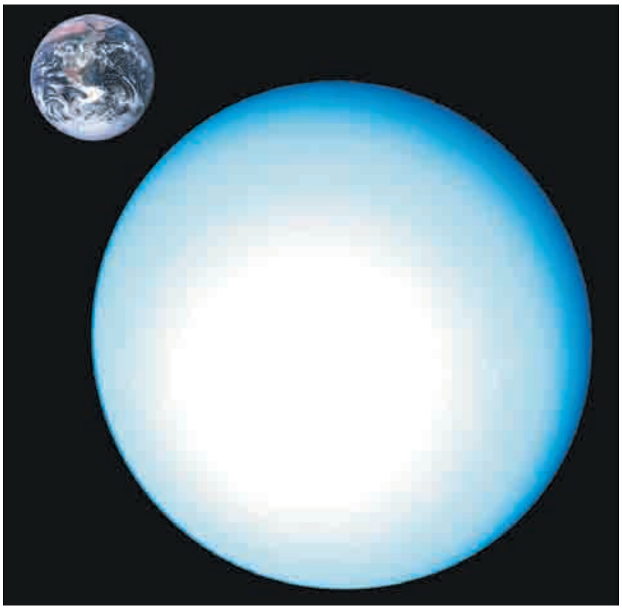
УРАН: ГЕРШЕЛЕВА ПЛАНЕТА

До 1781 р. ніхто не підозрював про існування Урана — сьомої планети Сонячної системи. Уран настільки віддалений від Сонця, що неозброєним оком його майже неможливо помітити. Британський астроном Вільям Гершель тривалий час вів спостереження за зірками на певній ділянці неба, коли в один із днів раптово виявив, що крихітна туманна зірочка змінила положення щодо інших зірок. Гершель вирішив, що це комета, але вже незабаром переконався, що перед ним — нова планета, вперше виявлена астрономами з часів античності. І ця планета виявилася зовсім не крихітною, а четвертою за масою в системі Сонця. Гершель дав їй ім'я Уран — на честь грецького бога неба, батька Сатурна і, відповідно, діда Юпітера.

ПЛАНЕТА «НА БОКУ»

На відміну від газових гігантів — Сатурна і Юпітера, що складаються в основному з водню й гелію, у надрах Урана, що віддалений від Сонця на 20 астрономічних одиниць, відсутній водень, але зате багато різних модифікацій водяного льоду. Тому Уран відносять до особливого типу планет — крижаних гігантів. Проте основу атмосфери Урана складають водень і гелій. Це справжнє царство холоду — планету огортають хмари з льоду, твердого аміаку й водню, а середня температура атмосфери не перевищує −224 °С. Поверхня Урана складається в основному з льодів і скель.

Порівняльні розміри Урана й Землі



Телескоп В. Гершеля, за допомогою якого був відкритий Уран

Рік Урана триває 84 земні роки, а по своїй орбіті він рухається зовсім незвичайно — лежачи «на боку». Нахил осі планети становить 98 градусів, і під час руху вона повертається до Сонця то північним, то південним полюсом.

У 1986 р. американський космічний апарат «Вояджер-2» передав на Землю знімки Урана з близької відстані, і ця «картинка» викликала в співробітників центру керування польотом апарата розчароване зітхання — планета мала рівномірне блакитне забарвлення без будь-яких помітних деталей на поверхні. Цього кольору надає атмосфері Урана газ метан, і лише наступні спостереження дозволили розрізнити ознаки сезонних змін погоди на планеті. Водночас з'ясувалося, що хмари на Урані розташовані не у верхніх шарах, а в глибині атмосфери.

АНАТОМІЯ «ДІДУСЯ»

При діаметрі більше 50 тис. км Уран важчий від Землі всього в 14,5 разу. Серед планет-гігантів він має найменшу масу, а щільність його трохи більша від щільності звичайної води. Фахівці вважають, що планета складається в основному з різних льодів — водного, аміачного й метанового, і лише чверть її маси припадає на гірські породи, що складають ядро Урана.

Крижана оболонка, що покриває ядро, грає ту ж роль, що й мантія на Землі. Але насправді вона наче

ЦІКАВО

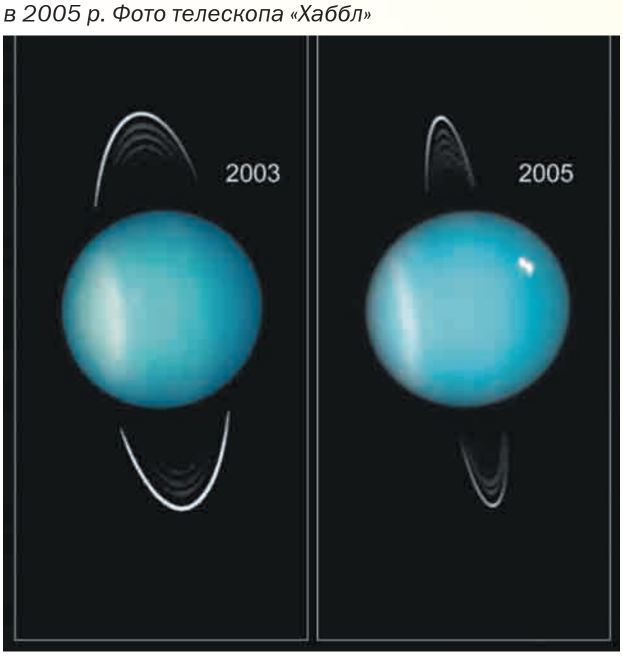
Якби Земля мала такий же нахил осі, як Уран, то зміна пір року відбувалася б зовсім інакше. Улітку сонце не заходило б цілодобово на всіх широтах аж до екватора, а взимку цілу півкулю огортала б тьма полярної ночі. При цьому найтеплішими областями на планеті стали б північний і південний полярні регіони. До речі, при такому положенні планети, коли вона «котиться» по орбіті як м'яч, а не обертається як дзиґа, дуже нелегко визначити, який полюс є північним, а який — південним. На Урані довелося просто «призначити» один з полюсів південним, тоді другий автоматично став північним.

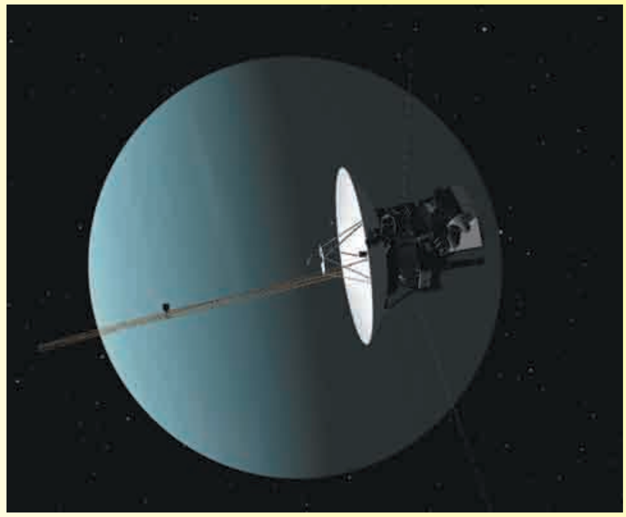
й не є крижаною, тому що складається з гарячої й щільної рідини — суміші води, аміаку й метану, що має температуру близько чотирьох тисяч градусів, яку тиск у 5—7 млн атмосфер змушує зберігати структуру льоду. Цей «гарячий лід» іноді називають «океаном водного аміаку».

Зате атмосфера в Урана насправді «царствена» — вона займає близько третини діаметра планети. На відміну від інших планет-гігантів, які випромінюють набагато більше тепла, ніж одержують від Сонця, Уран майже нічого не віддає «назовні», що й робить його найхолоднішою планетою Сонячної системи.

Магнітне поле Урана має дуже своєрідну форму — магнітний полюс відрізняється від географічного на цілих 60 градусів. Для порівняння: якби так було на Землі, то стрілка компаса вказувала б не на Арктику, а на узбережжя Флориди.

Незвичайна яскрава «хмарина» на Урані, що виникла в 2005 р. Фото телескопа «Хаббл»



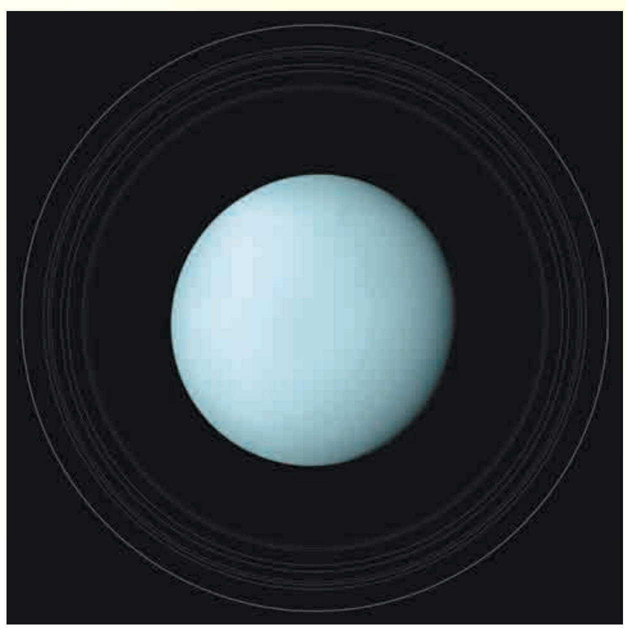


«Вояджер-2» проходить повз Уран

КІЛЬЦЯ, ЧИСЛОМ ТРИНАДЦЯТЬ

Ще Вільям Гершель стверджував, що йому вдалося спостерігати кільця в Урана, але підтвердити своє спостереження вченому не вдалося. Відкриті вони були лише у 1977 р., але не за допомогою космічних апаратів, а при проходженні диска Урана перед зіркою другої величини. Дослідники розраховували одержати дані про атмосферу планети, а відкрили перші дев'ять кілець. Найяскравіше з них має ширину 96 км і товщину всього кілька метрів. Вважається, що кільця Урана дуже молоді й сформувалися не разом із планетою, а набагато пізніше. Імовірно, це залишки одного із супутників, зруйнованого зіткненням або приливними силами планети.

Найяскравіше зовнішнє кільце Урана і ще вісім більш тонких кілець



УРАН: ЗГАДУЮЧИ ШЕКСПІРА

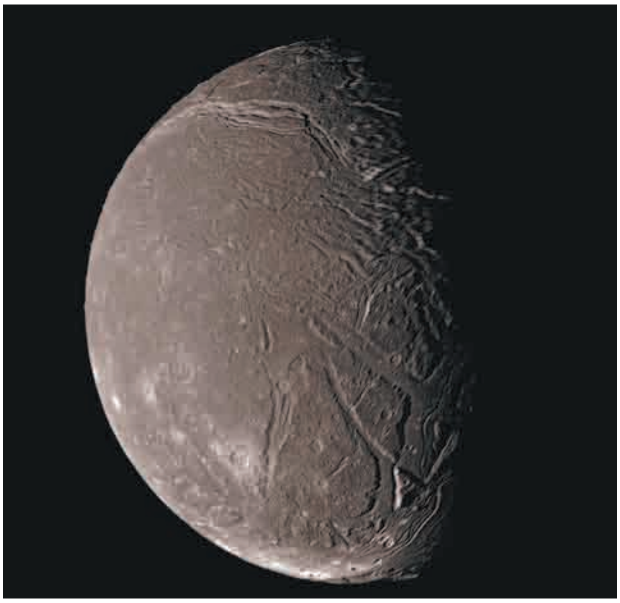
Сьогодні нам відомі 27 супутників, що утворюють «родину» Урана. Перші два з них були виявлені Вільямом Гершелем у 1787 р., а назви їм дав син великого астронома на честь персонажів комедії Вільяма Шекспіра «Сон у літню ніч» — царя фей і ельфів Оберона і його дружини цариці Титанії. Протягом півстоліття телескоп Гершеля залишався єдиним інструментом, у який можна було розрізнити супутники Урана. Лише в середині 19 століття астроном В. Лассел виявив ще два супутники, що також одержали «літературні» імена Аріель та Умбріель. Тільки через століття пішли нові відкриття. У 1948 р. Дж. Койпер виявив найменший із п'яти великих супутників планети — Міранду, а в 1986 р. космічний зонд «Вояджер-2» відкрив відразу 10 внутрішніх супутників. Ще кілька невеликих тіл на «навколоуранових» орбітах були виявлені за допомогою космічного телескопа «Хаббл».

Більшість супутників Урана носять імена героїв 13 драм, комедій і трагедій великого англійського драматурга.

«ВЕЛИКА П'ЯТІРКА»

Супутники Урана не такі масивні, як члени «родин» Сатурна або Юпітера. Найбільший них, Титанія, має діаметр 1560 км — менше половини радіуса земного Місяця. «Місяці» Урана схожі один на одного — це, в основному, темні скупчення льоду й гірських порід, що містять також аміак і вуглекислий газ. Їхня поверхня порита кратерами й слідами

Шість найвідоміших супутників Урана: Пек, Міранда, Аріель, Умбріель, Титанія й Оберон



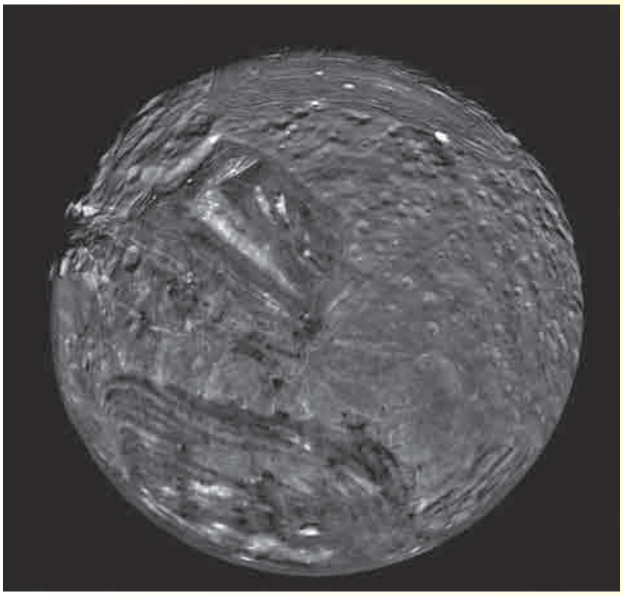
Аріель

тектонічних подій — зрушень і розламів кори, древніх вулканічних вивержень. Найсвітліший із супутників Урана — Аріель, він відбиває до 40 % сонячного світла, а найтемніший — Умбріель. При цьому Аріель, мабуть, наймолодший із всіх великих супутників, а Умбріель — найстаріший.

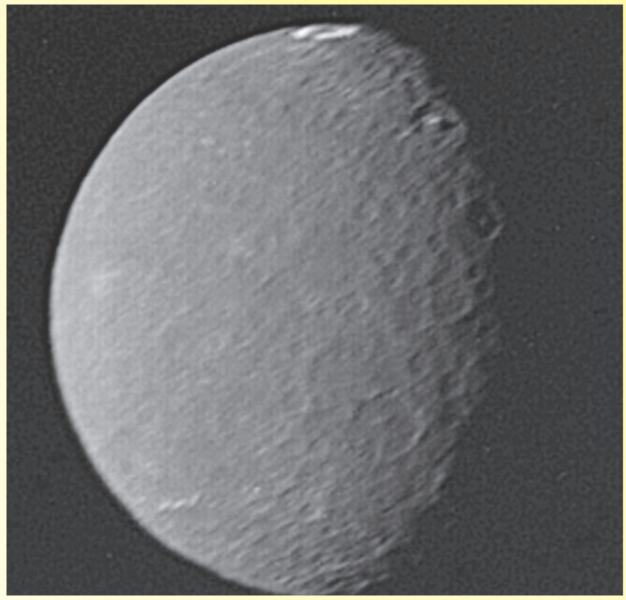
Найбільш своєрідний вигляд серед «великої п'ятірки» має Міранда, відкрита Дж. Койпером. Цей супутник діаметром 470 км обертається ближче за інших до Урана, а його поверхня поцяткована слідами бурхливого минулого — розламами, борознами, обривами, ущелинами й хребтами. Поблизу південного полюса цієї планетки, що має неправильну форму, розташоване стрімке урвище заввишки в 15 км. Фахівці вважають, що в минулому Міранда, зіштовхнувшись з іншим небесним тілом, розпалася на частини, а потім знову «зібралася», але вже не в тому порядку, що раніше.

Аріель, другий за віддаленістю від планети великий супутник — це світ глибоких ущелин. Причина утворення жолобів, що роблять «обличчя» Аріеля схожим на печене яблуко, доки не з'ясована, тим більше, що ці жолоби в багатьох місцях наполовину заповнені речовиною невідомого походження.

Древня поверхня Умбріеля, наступного супутника, покрита незліченними великими й дрібними кратерами. Цей супутник відбиває у два рази менше світла в порівнянні з іншими супутниками Урана, але причину цього фахівці не знають, невідоме також і походження яскравого світлого кільця на «верхівці» Умбріеля. Адже з усіх космічних апаратів, призначених для дослідження далеких околиць Сонячної системи, поблизу Урана побував тільки «Вояджер-2», якому вдалося не тільки сфотогра-



Міранда — жертва древньої катастрофи



Умбріель — темний і загадковий світ

фувати Умбріель, але й визначити його хімічний склад.

Титанія — найбільший супутник із «великої п'ятірки», являє собою «брудну» крижану кулю з поверхнею, спотвореною кратерами, ущелинами й розламами. Як і інші супутники Урана, Титанія неодноразово «переформовувалася» у минулому, міняючи вигляд і рельєф.

Про Оберон, хоч він і був відкритий одним із перших, до польоту «Вояджера-2» практично нічого не було відомо. Він також усіяний кратерами, але, на відміну від інших великих супутників, на ньому є гора, висота якої досягає 6 км.

СУПУТНИКИ-«ПАСТУХИ»

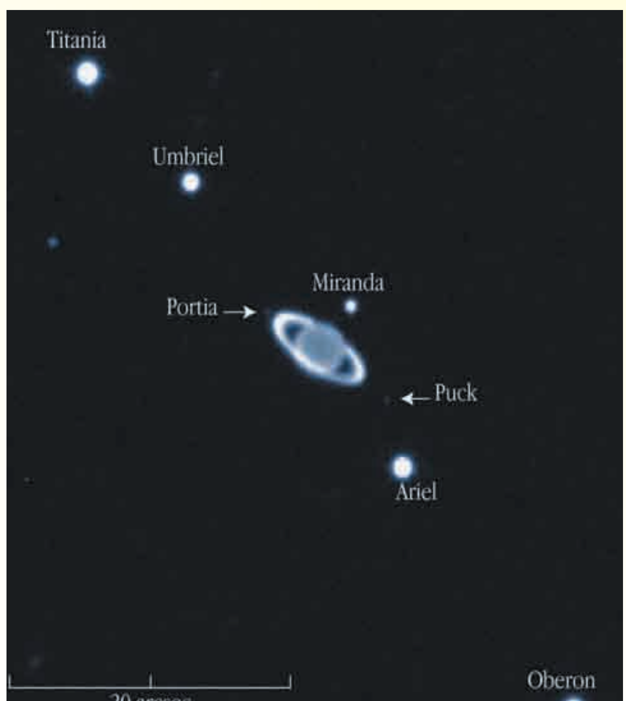
Між межею зовнішнього кільця Урана й орбітою Міранди є величезний простір — більше 80 тис. км. У цьому просторі обертаються дрібні супутники, що носять імена Корделія, Офелія, Б’янка, Крессида, Дездемона, Джульєтта, Порція, Розалінда, Белінда і Пек. Більшість із них — темні, майже чорні брили льоду й скельних уламків.

Деякі з цих супутників попарно розташовані поблизу кілець планети — один із внутрішнього, а інший — із зовнішнього боку кільця. Вони відіграють важливу роль у підтримці цілісності й структури кілець.

Як тільки яка-небудь частка покине кільце й попрямує до Урана, супутник, швидкість якого значно більша, наздоганяє її, зближується і гальмує своїм тяжінням. Швидкість частки падає, і вона переходить на більш віддалену орбіту — повертається в кільце. Частки, що вилітають «назовні», подібним же чином зупиняє й повертає зовнішній супутник.

Цей природний механізм саморегулювання кілець нагадує роботу шотландських вівчарок, що допомагають пастухам управляти чередою. Тому парні супутники й охрестили «пастушими».

Унікальний знімок Урана і головних супутників планети, зроблений за допомогою 8,2-метрового телескопа Південної Європейської обсерваторії в Чилі

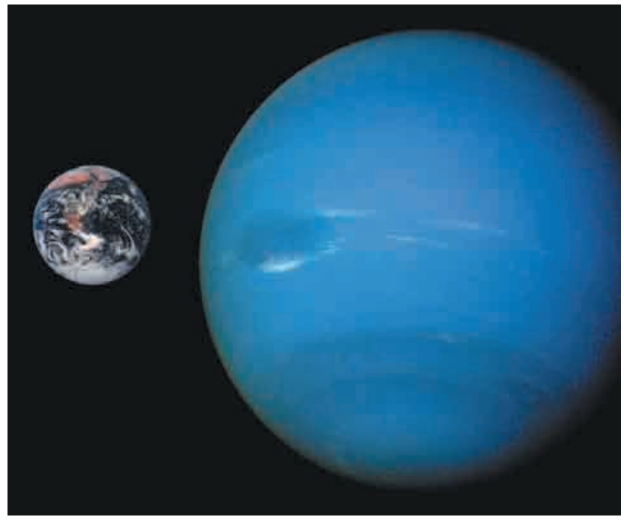


НЕПТУН: ТОРЖЕСТВО МАТЕМАТИКИ

Про те, як двоє вчених — англієць Джон Адамс і француз Урбен Левер'є — у 1846 р. відкрили «на папері» нову планету Сонячної системи, ми вже розповідали в цій книзі. Приведемо тільки текст записки, яку Левер'є відправив у Берлін, де в той час над складанням точних карт зоряного неба працював чудовий астроном-спостерігач Йоганн Галле: «Направте Ваш телескоп у сузір'я Водолія в точку екліптики з довготою 326 градусів, і в межах одного градуса від цього місця Ви знайдете нову планету. Вона дев'ятої зоряної величини і має помітний диск». Цей висновок Левер'є й Адамс зробили, у різний час спостерігаючи за відхиленнями в русі Урана по орбіті.

Увечері 23 вересня, дуже здивований Галле виконав прохання Левер'є — і виявив слабку зірочку, якої не було на жодній зоряній карті. Це й був Нептун. Коли Урбену Левер'є запропонували глянути на новвідкриту планету в телескоп, він відмовився, зазначивши, що не має потреби в цьому, тому що вже бачив її у своїх обчисленнях.

Імена астрономів Левер'є, Адамса і Галле увічнені в назвах кілець Нептуна, відкритих через 140 років.



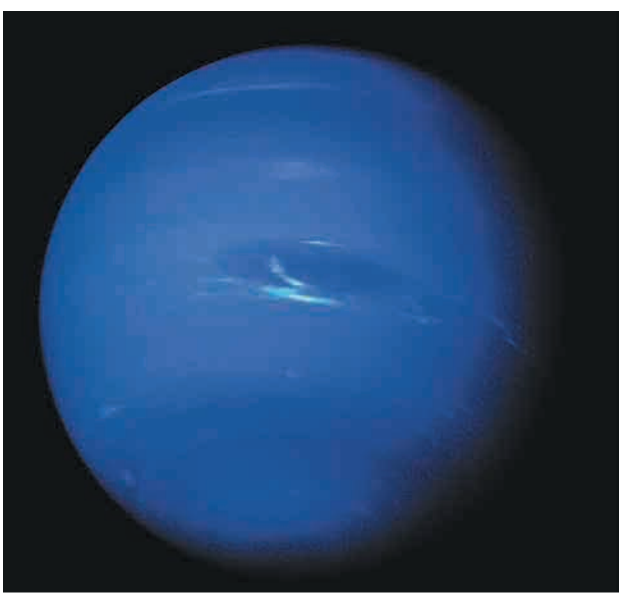
Порівняльні розміри Нептуна й Землі

БОЖЕСТВО АМІАЧНИХ ОКЕАНІВ

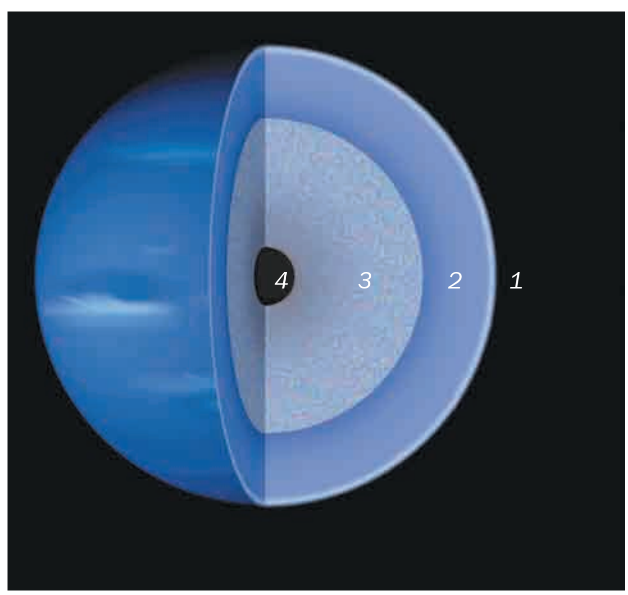
Нептун, що отримав ім'я на честь римського бога морів,— восьма і найбільш далека від Сонця планета. Відстань між ним і центральним світилом становить близько 30 астрономічних одиниць. Як і Уран, Нептун належить до «крижаних гігантів», діаметр його екватора в 3,9 разу більший від земного, а маса в 17 разів перевищує масу Землі. Повний оберт навколо Сонця Нептун робить за 165 земних років, відвідуючи найбільш віддалені окраїни навколосонячного світу.

Внутрішня будова Нептуна нагадує Уран — з тією різницею, що Нептун трохи щільніший, хоча діаметри обох планет майже однакові. Атмосфера складає приблизно 15 % від загальної маси планети. У неї входять в основному водень, гелій, метан, водний, аміачний і метановий льоди, невелика кількість азоту. Надра Нептуна склада-

Планета Нептун. Фото космічного апарата «Вояджер-2»



Внутрішня будова Нептуна: 1 — верхня атмосфера, верхні хмари; 2 — атмосфера, що складається з водню, гелію й метану; 3 — мантія, що складається з води, аміаку й метанового льоду; 4 — кам'яно-крижане ядро



ЦІКАВО

У дослідницьких лабораторіях Каліфорнійського університету вченим вдалося відтворити умови, що існують у нижніх шарах атмосфери Нептуна. Яким же був їхній подив, коли вони виявили, що опади, що випадають із «нептуніанських» хмар, є нічим іншим як кришталиками натуральних... алмазів. Таким чином, Нептун є єдиною планетою Сонячної системи, де, можливо, час від часу йдуть «діамантові дощі».

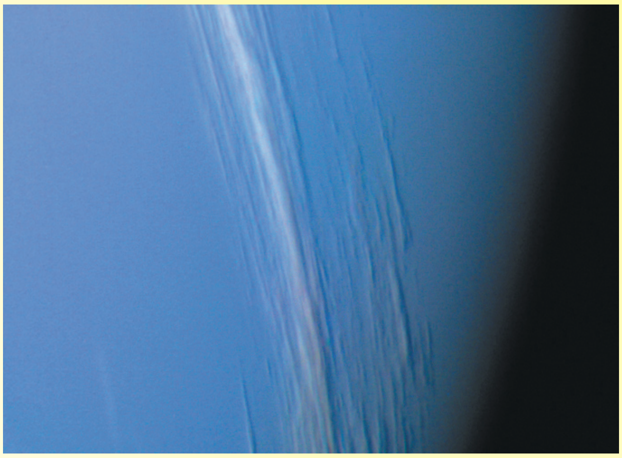
ються головним чином із гірських порід і льодів, які при тисках у 10 млн атмосфер перебувають у гарячому й напіврідкому стані. Це такий же «океан водного аміаку», як і на Урані, що володіє високою електропровідністю і породжує магнітне поле планети.

Ядро Нептуна складається із заліза, нікелю й силікатів. За масою воно в 1,2 разу перевищує Землю.

В атмосфері Нептуна бушують найдужчі серед планет Сонячної системи вітри — їхні швидкості можуть досягати 2100 км/год! Температура у верхніх шарах атмосфери Нептуна приблизно −220 °C, тоді як температури в центрі планети майже такі ж самі, як і на поверхні Сонця.

У ГОСТЯХ У КРИЖАНОГО ГІГАНТА

Околиці Нептуна в 1989 р. відвідав одинєдиний космічний апарат — «Вояджер-2». Дослідники, пам'ятаючи про «невиразний» вигляд Урана, не очікували якихось несподіванок, але помилилися. Диск Нептуна справді виявився синьо-блакитним через домішки метану, але на його поверхні були добре помітні різні утворення й деталі, у тому числі нашарування хмар і потужне природне утворення — Велика Темна Пляма. Цей стійкий багатотисячокілометровий вихор, подібний до Великої Червоної Плями на Юпітері, обертався, здійснюючи повний оборот за 16 земних діб. У середині 90-х років минулого століття Велика Темна Пляма зникла, але замість неї утворився і почав набирати силу новий вихор у північній півкулі планети, що одержав назву Скутер. Спостереження за допомогою телескопа «Хаббл» показали, що деякі групи хмар переміщуються в атмосфері Нептуна зі швидкістю надзвукового літака-винищувача, а темні плями є свого роду «дірками» у хмарному шарі, крізь які відкривається картина нижніх шарів атмосфери.



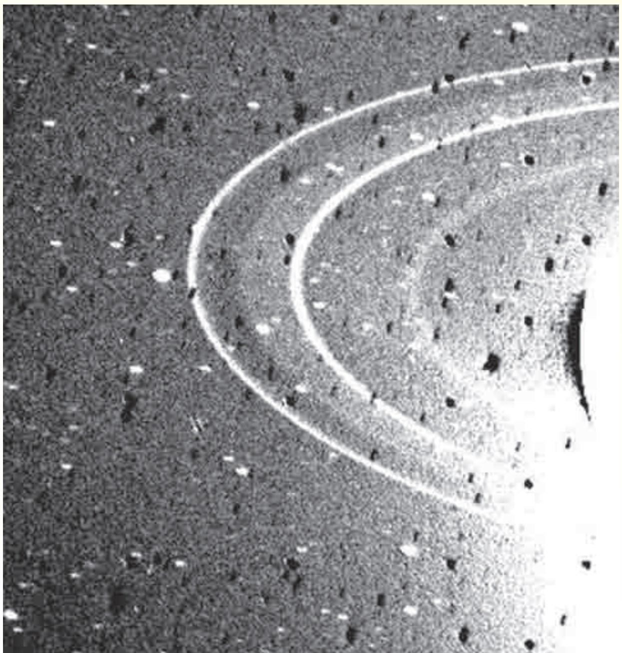
За дві години до підльоту до Нептуна: перисті хмари й тіні від них на верхній атмосфері планети. Фото «Вояджера-2»

«РІВНІСТЬ» І «БРАТЕРСТВО» НА ОРБІТІ

Нептун, як і інші планети його групи, має кільця. Правда, вони набагато менш масивні і яскраві, ніж в Урана й Сатурна. Складаються вони із крижаних часток, покритих силікатним пилом або сполуками вуглецю, і носять імена першовідкривачів і дослідників планети. Кільце Адамса, найбільш далеке, розташоване за 63 тис. км від центра Нептуна, кільце Левер'є, більш широке, віддалене на 53 тис. км, ще ближче до планети перебуває кільце Галле.

Найнезвичайнішим виявилося кільце Адамса — воно не суцільне, а складається з п'яти «дужок», кожна з яких має свою назву: «Хоробрість», «Воля», «Рівність-1», «Рівність-2» і «Братерство». Відповідно до законів механіки, «дужки» на орбіті повинні були швидко з'єднатися в суцільне кільце, але цього не відбувається. Що утримує кільце Адамса в такому стані — поки що загадка.

Кільця Нептуна. Фото «Вояджера-2»



НЕПТУН: ХОЛОДНА СВИТА

У цей час відомі 13 супутників Нептуна, і всі вони, починаючи із Тритона й закінчуючи Несо, носять імена міфічних істот, пов'язаних із водною стихією. Правда, серед супутників бога морів панує нерівність — Тритонові, названому за іменем сина Нептуна, дісталося 99,5 % маси всіх інших супутників, і тільки він має форму сфероїда. Всі інші являють собою дрібні космічні тіла неправильної форми, чий діаметр не перевищує 400 км. Хоча в кожного з них є своя «родзинка» — так, наприклад, орбіта Несо, крихітного «місяця» діаметром усього 60 км, пролягає на відстані 48 млн км від Нептуна — приблизно на такій же відстані від Сонця розташовується Меркурій. А Нереїда, що має діаметр у 340 км, має настільки витягнуту орбіту, що відстань від неї до Нептуна змінюється від 1,4 до 9,7 млн км.

Більшість дрібних супутників були виявлені в 1989 р. під час прольоту «Вояджера-2» повз Нептун.

Нептун і Тритон. Фото космічного апарата «Вояджер-2»

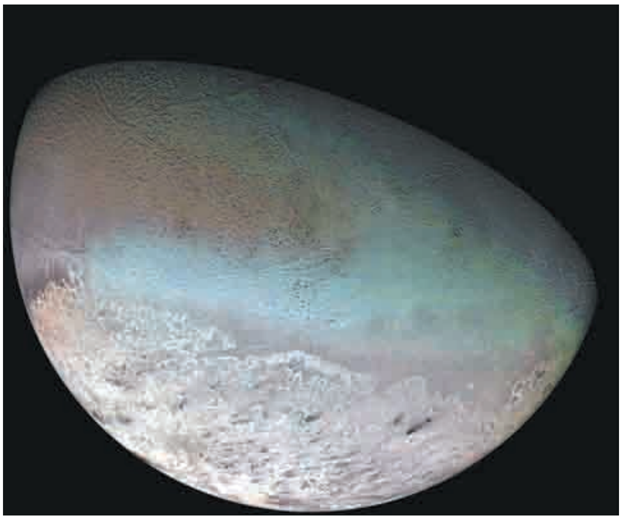
БРАНЕЦЬ НЕПТУНА

Найбільший супутник планети — Тритон — був виявлений британським астрономом В. Ласселом усього через 17 днів після того, як був відкритий сам Нептун. Діаметр цього «місяця» становить близько 2700 км, що цілком співвідноситься з розмірами єдиного супутника Землі. Але в Тритона виявився набагато більш неспокійний характер, саме тому він є одним із найцікавіших для дослідників об'єктів у Сонячній системі.

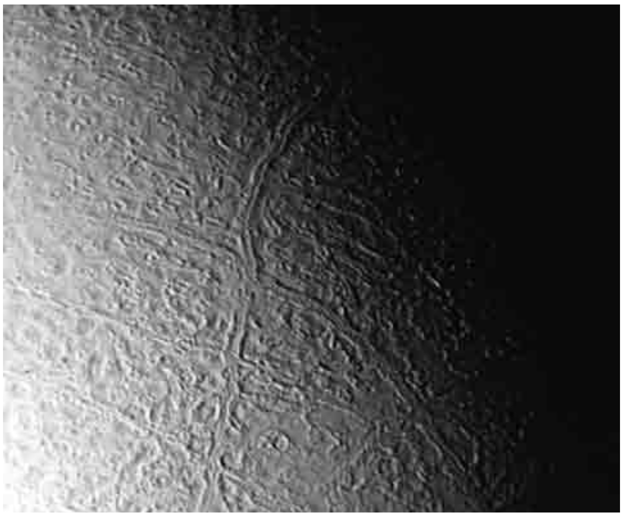
По-перше, він єдиний з усіх великих супутників у Сонячній системі, що обертається в напрямку, протилежному обертанню Нептуна. При цьому його орбіта сильно нахилена відносно площини екватора планети, що «стоїть» майже вертикально. При цьому форма Тритона — майже правильна куля.

Фахівці вважають, що цей супутник — «прибулець». Він не сформувався разом із Нептуном, а був карликовою планетою, орбіта якої — біля кордонів Сонячної системи. Завдяки збігу обставин, Тритон був «захоплений» гравітацією Нептуна, тому що «зачепив» при русі верхні шари його атмосфери. Змінивши орбіту, він почав обертатися навколо планети, повільно наближаючись по спіралі до свого «хазяїна». Коли Тритон опиниться на певній відстані від Нептуна — астрономи називають її «межа Роша», приливні сили планети перетворять його в дрібні уламки. Це відбудеться незабаром — зрозуміло, за космічними мірками: приблизно через 10—20 млн років. У результаті

Південна півкуля Тритона. Фото космічного апарата «Вояджер-2»



«Динна шкірка» на поверхні головного супутника Нептуна



в Нептуна утвориться кільце, що може виявитися набагато більш яскравим і щільним, ніж навіть у Сатурна.

ЗАМЕРЗЛА «ДИНЯ»

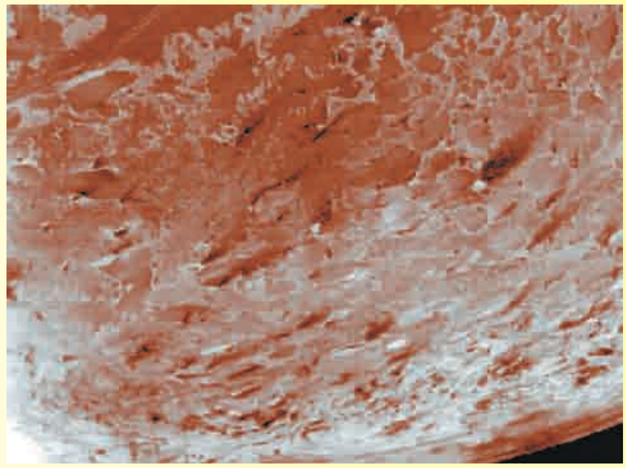
Тритон вважається найхолоднішим тілом у Сонячній системі. «Вояджеру-2» вдалося на відстані виміряти його температуру, і прилади показали цифру —235 °С. Це настільки холодна поверхня, що газ азот осідає на ній у вигляді інею або снігу.

Тритон добре відбиває сонячне світло, тому що майже повністю покритий метановим і азотним льодом. До того ж значну частину його південної півкулі покриває полярна шапка. Вона складається з твердої рожевої, жовтої й білої речовини — азотного льоду із вкрапленнями метану й окису вуглецю.

На супутнику мало ударних кратерів — це означає, що Тритон порівняно молодий, а за межами полярної шапки можна побачити дивні утворення, що зовні нагадують шкірку дині. Вони покривають більшу частину поверхні, за винятком двох областей, які зовні нагадують величезні замерзлі озера із крижаними терасами уздовж берегів, що піднімаються на вишину кілометра і більше. Фахівці вважають, що вони складаються з водяного льоду, тому що метановий або аміачний лід не має достатньої міцності.

ВИВЕРЖЕННЯ В «ХОЛОДИЛЬНИКУ»

Незважаючи на таку низьку температуру поверхні, у Тритона є атмосфера. Дуже розріджена — в 70 тис. разів менш щільна, ніж земна, і складається з азоту з домішкою метану. Але найдивовижніша особливість цього світу вічного холоду — це вулканічна діяльність. Час від часу в атмосферу злітають на висоту до 8 км фонтани часток речовини, що проривається крізь товщу льодів. Потім їх підхоплюють вітри, що дмуть уздовж екватора супутника зі сходу на захід, і вкладають на поверхню у вигляді темних смуг, що тягнуться часом на 150 км.



Гейзери на Тритоні

Які ж джерела енергії викликають виверження в таких умовах? Крижані гейзери утворюються тільки там, де Сонце на Тритоні досягає зеніту. Фахівці вважають, що завдяки навіть дуже слабкому нагріванню під поверхнею льодів утворюються порожнини, заповнені рідким азотом. Якщо тепло продовжує надходити, то азот починає випаровуватися, тиск росте, і, зрештою, газ проривається на поверхню, несучи із собою частки пилу. Вони-то й залишають темні смуги на виблискуючих льодах Тритона. А кришталики знову замерзлих газів утворюють хмари на висоті до 100 км над поверхнею супутника.

Одним словом, Тритон зовсім не схожий на царство вічного спокою і тиші.

ЦІКАВО

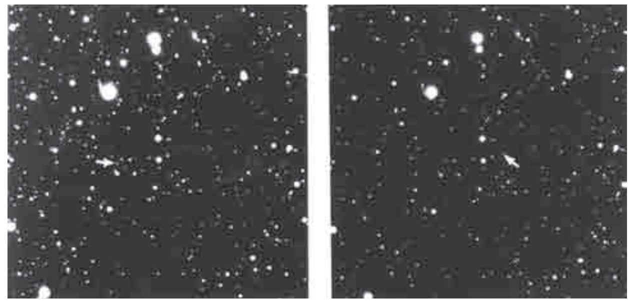
Вас не цікавить погода на Нептуні? І дарма. Учені вважають, що, стежачи за погодними явищами на «крижаних гігантах», можна краще зрозуміти погодні процеси, що відбуваються на Землі. Такі спостереження велися протягом п'яти останніх років. 15 вересня 2009 р. на Нептуні виник потужний шторм, що одержав ім'я «Аннабель». Практично в той же самий час на Землі в Карибському морі зародився й почав рух до узбережжя США ураган «Ізабель». Ученим удалося пов'язати обидва ці явища з відхиленнями в «поведінці» Сонця, які впливають як на земну, так і на «нептуніанську» атмосферу.

Нереїда і Нептун

ПЛУТОН: ПЛУТОЇД І ПЛУТИНО

Наукова доля Плутона, що встиг побувати і планетою, і карликовою планетою, і транснептуновим об'єктом, дивовижна і вигадлива. У 2006 р. в англійській мові навіть з'явилося дієслово «to pluto» — «оплутонити», що означає «понизити рангом або званням, як це відбулося з Плутоном». Це, однак, не применшує значення самого Плутона, що був і залишається десятим за величиною небесним тілом, яке обертається навколо Сонця.

Відтоді, як Урбен Левер'є передбачив існування ще не відкритого Нептуна за допомогою математики, тривали пошуки дев'ятої планети Сонячної системи — до певного часу безуспішні. У 1906 р. приватна обсерваторія Персиваля Лоуелла в США почала масштабне полювання за «планетою X», опираючись на аналіз відхилень у русі Нептуна по його орбіті. Пошуки виявилися безуспішними, і лише в 1930 р. молодому співробітникові обсерваторії Клайду Томбо вдалося зробити видатне відкриття — виявити серед зірок Плутон. Хто міг знати, що в архівах Лоуеллівської обсерваторії ще з 1915 р. припадає пилом знімок ділянки зоряного неба, на якому зовсім чітко зафіксовано Плутон, що залишився «невпізнаним»!



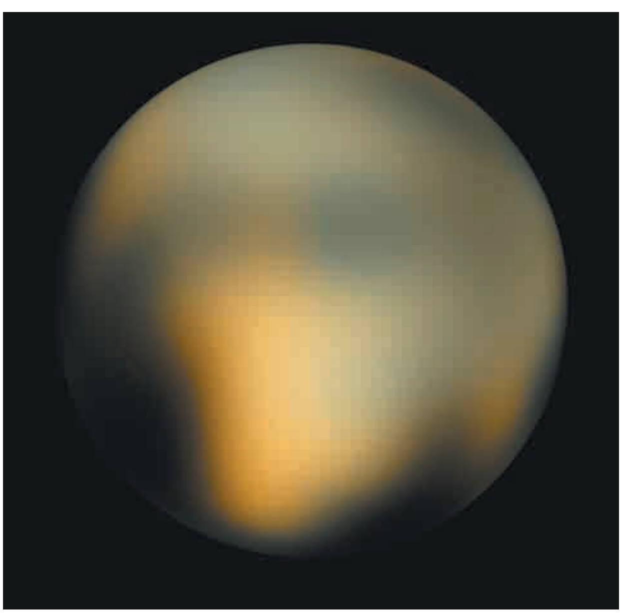
Дві фотографії зоряного неба, порівнюючи які Клайд Томбо виявив Плутон

ПЛАНЕТА З ДИВАЦТВАМИ

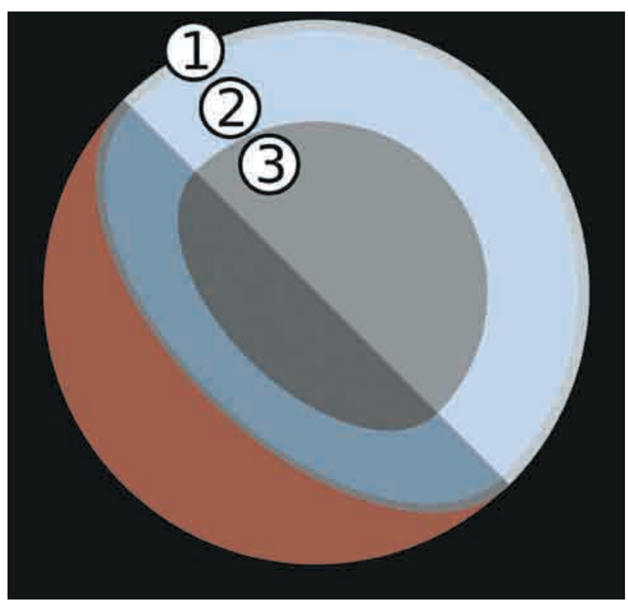
Плутон, що одержав своє ім'я на честь давньоримського бога підземного світу, рухається на середній відстані від Сонця у близько 50 астрономічних одиниць і робить один повний оберт за 248 років. Однак його орбіта така витягнута, що її найближча до Сонця ділянка опиняється... всередині орбіти Нептуна. Але не варто побоюватися зіткнення цих небесних тіл — їхні орбіти лежать у різних площинах. Визначити розміри щойно відкритого небесного тіла довго не вдавалося — у телескопи того часу його диск не було видно. Лише у 1978 р., коли був відкритий великий супутник Плутона Харон, за періодом обертання Харона була обчислена приблизна маса Плутона, що виявилася рівною одній шостій маси Місяця. Діаметр Плутона становить 2290 км, тому він був визнаний найменшою із планет Сонячної системи.

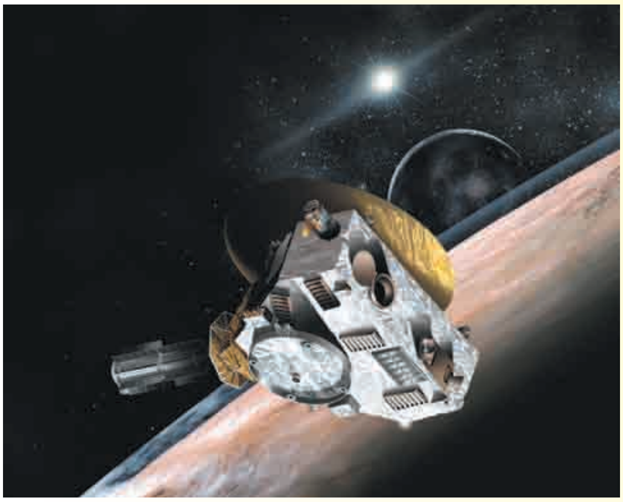
Величезна відстань від Плутона до Землі сильно ускладнює його дослідження, а побачити в деталях його поверхню ми зможемо лише у 2015 р., коли до околиць Плутона долетить американський космічний зонд «Нью Хорізонс». У найбільших телескопах Плутон виглядає ясно-коричневим із відтінком

Плутон у природному кольорі. Зображення створене на основі багатьох знімків із найбільших телескопів

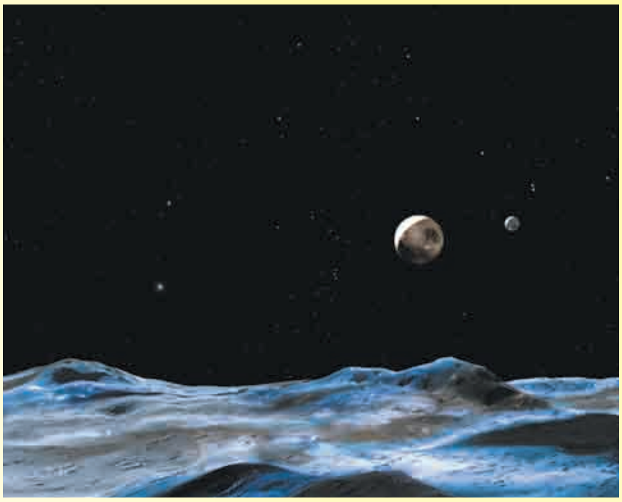


Внутрішня будова Плутона: 1 — замерзлий азот, 2 — водний лід, 3 — силікати й водний лід





Космічний зонд «Нью Хорізонс» на околицях Плутона



Вид на Плутон із поверхні Гідри

жовтого, а дані спектроскопії показують, що він на 98 % складається з азотного льоду зі слідами метану й окису вуглецю. Фотографії Плутона, отримані космічним телескопом «Хаббл», дозволяють розрізнити лише найбільш загальні деталі, та й то нечітко.

Щільність Плутона вдвічі перевищує щільність води, а це означає, що його внутрішня будова багато в чому подібна до будови великих супутників планет-гігантів. Його ядро складається з гірських порід і оточене крижаною мантією, а поверхня оточена вкрай розрідженою азотною атмосферою, що утворилася при випаровуванні льодів під час наближення до Сонця. Температура на поверхні Плутона — близько −230 °C.

КОМПАНІЯ З ПЕКЛА

У Плутона є три супутники — Харон, усього у два рази менший, ніж його «хазяїн», Нікта й Гідра. Всі вони носять імена істот із підземного світу. Харон розташований надзвичайно близько до Плутона — усього за 20 тис. км. Однак було б помилкою говорити, що він обертається навколо Плутона. Насправді обидва небесні тіла обертаються навколо загального центра, що розташований за межами їхніх поверхонь. Тому деякі астрономи вважають, що Плутон і Харон — подвійна планета, а не планета і її супутник. Інші супутники Плутона — невеликі небесні тіла, властивості яких поки не відомі.

СЮРПРИЗИ ПОЯСА КОЙПЕРА

Починаючи з 1992 р., астрономи стали відкривати все нові й нові невеликі крижані об'єкти за орбітою Нептуна — і всі вони виявилися схожими на Плутон не тільки орбітами, але й за розміром і складом. Ця частина зовнішньої Сонячної системи була названа «поясом Койпера» на честь одного з відомих астрономів. І тоді у фахівців виникло запитання: а чи є сенс розглядати Плутон окремо від іншого «населення» пояса Койпера? У 2002 р. була виявлена карликова планета Квавар діаметром 1280 км, у 2004 р. була відкрита Седна, діаметр якої оцінюється в 1800 км, у 2005 р. було оголошено про відкриття нового об'єкта за орбітою Нептуна, що одержав ім'я Еріда і виявився більшим за Плутон.

Роком пізніше Міжнародний астрономічний союз вирішив покінчити із плутаниною і раз і назавжди визначити, що ж ми називаємо планетою. Отже, планета відтепер повинна була відповідати трьом умовам: обертатися по орбіті навколо Сонця, мати сферичну форму і бути досить масивною, а також «розчищати» околиці своєї орбіти, тобто бути «гравітаційною господаркою» навколишнього простору. Ні Плутон, ні Еріда, ні Седна такими «гравітаційними господарями» на своїй орбіті не були, і одержали статус «карликових планет».

Однак для більш повної характеристики положення цих об'єктів знадобилася ще більш складна класифікація. Виявилося, що частина об'єктів пояса Койпера перебуває в орбітальному резонансі з Нептуном — тобто за час, коли Нептун робить три оберти на своїй орбіті, вони роблять два оберти. Ці об'єкти назвали «плутино», до них належать Плутон і Харон, а також Орк, Іксіон і Радамант, які за розмірами співвідносяться з Плутоном.

Для остаточної точності в астрономію було введене поняття «плутоїд» — сферичне небесне тіло, що обертається навколо Сонця по орбіті, радіус якої більший від радіуса орбіти Нептуна і поблизу якого перебуває безліч інших дрібних об'єктів. У «плутоїди» потрапили карликові планети Плутон, Еріда, Макемаке і Хаумеа.

МАЛІ ТІЛА СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ

До малих тіл Сонячної системи належить незліченна кількість об'єктів. А якщо точніше — усі, які не є планетами, карликовими планетами або їхніми супутниками. Мова йде про астероїди різного походження, комети, метеорні тіла і частки.

При всій своїй численності внесок малих тіл у загальну масу Сонячної системи незначний. Найбільший з астероїдів досягає 1000 км у діаметрі, але переважна більшість цих об'єктів набагато дрібніша, аж до декількох мікронів.

Здавалося б, такі властивості малих тіл створюють значні труднощі для спостереження за ними, але це не так. Мала маса комет розподіляється у величезних об'ємах, і «небесні мандрівниці» чудово видимі на земному небосхилі неозброєним оком. А метеорних об'єктів на просторах Сонячної системи так багато, що Земля постійно зіштовхується з ними, і спалахи метеорів, що згоряють у нашій атмосфері, реєструються постійно. Частки мікронного розміру рухаються навколо Сонця в площині екліптики, і на Землі свідченням їхньої присутності є сутінкове зодіакальне світло. Що стосується астероїдів, то їхні орбіти нерідко проходять поблизу нашої планети, створюючи реальну загрозу для всього живого.

«ДОБАВКА» У П'ЯТДЕСЯТ ТИСЯЧ ТОНН

Саме стільки космічної речовини випадає протягом року на Землю, а в тисячі разів більше — згоряє в атмосфері. Метеори мають різне походження й розміри. Деякі з них є частинами кометних ядер, що зруйнувалися, інші — осколками астероїдів, що зіштовхнулися в давні часи. Незалежно від походження, метеорами вважаються тіла розміром від декількох часток міліметра до десяти й більше метрів. Деякі з них, навіть увійшовши в атмосферу нашої планети, досягають її поверхні, а падіння великих метеоритів — явище унікальне, що трапляється раз у кілька десятиліть.

Спалах метеора у верхніх шарах земної атмосфери над пустелею Мохаве

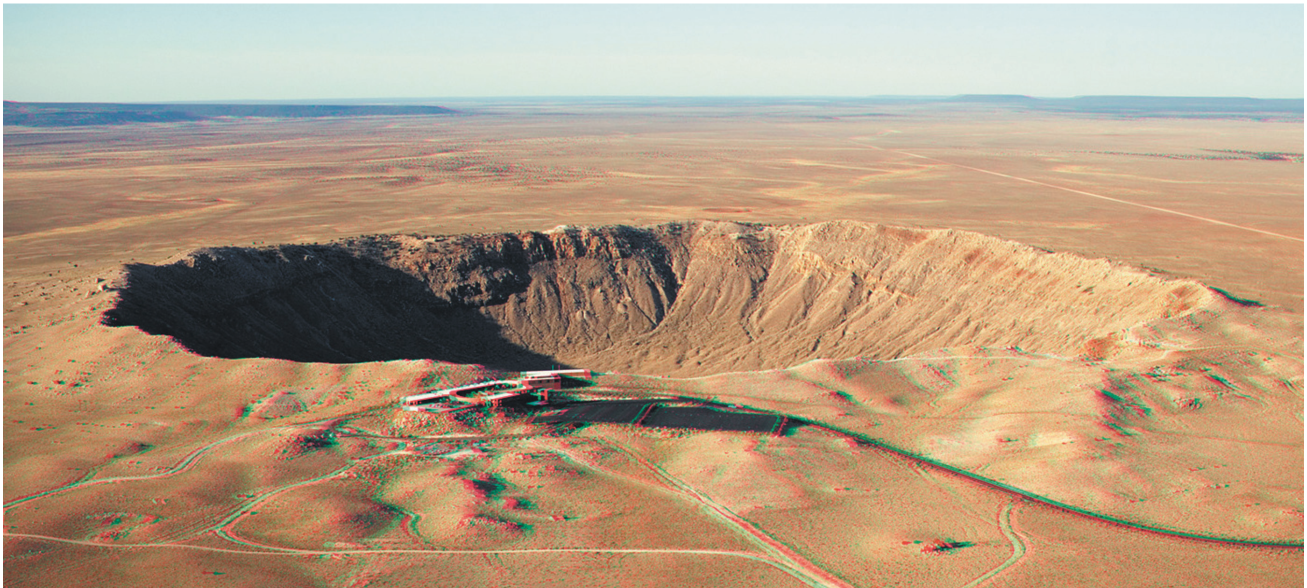
Найбільшим космічним тілом, що впало на Землю в 20 столітті, був Тунгуський метеорит. 17 червня 1908 р. велике тіло кометного походження увійшло в атмосферу й вибухнуло на висоті приблизно 8 км над долиною ріки Підкамінна Тунгуска. Потужність вибуху можна порівняти з вибухом великої термоядерної бомби, при цьому було повалено ліс на площі більше двох тисяч квадратних кілометрів. Відразу ж після вибуху на всій планеті вибухнула магнітна буря, що тривала близько п'яти годин.

В історії Землі траплялися й більш масштабні катастрофи — пам'ять про них зберігають великі метеоритні кратери (фахівці називають їх «астроблемами»), розкидані по різних континентах.

ЗВІДКИ ВОНИ РОДОМ?

Усі малі тіла складаються з тієї ж речовини, що й Сонячна система. У багатьох із них ця рече-

Великий метеоритний кратер в Арізоні (США). Діаметр 1200 м і глибиною 180 м



Залізокам'яний метеорит

Хондрит

вина зберігається навіть у більш «первозданному» вигляді, ніж у великих тілах, що дуже важливо для дослідників.

Де ж утворюються й «живуть» ці релікти? У період утворення Сонячної системи частина речовини, що не увійшла до складу планет, поступово витіснялася на «окраїни» нашого світу. Так утворився пояс астероїдів між орбітами Марса і Юпітера, у якому в постійному русі перебувають кілька мільйонів об'єктів із розмірами більше одного кілометра в діаметрі, а кількість метеорних тіл просто не піддається підрахунку. Більшість із них складається з мінералів, що містять камінь і метали.

Наступна область малих небесних тіл розташована на відстані від 30 до 55 астрономічних одиниць від Сонця — за орбітою Нептуна. Свою назву — пояс Койпера — вона одержала на згадку про Джерарда Койпера (1905—1973 рр.), американського астронома, що передбачив її існування. У поясі Койпера рухаються численні малі й карликові планети і уламки протопланетної речовини, що зберегли первинну структуру. Саме звідти найчастіше з'являються комети з коротким періодом обертання навколо Сонця. Астрономи вважають, що в поясі Койпера є понад 450 тис. тіл із діаметром більше 50 км.

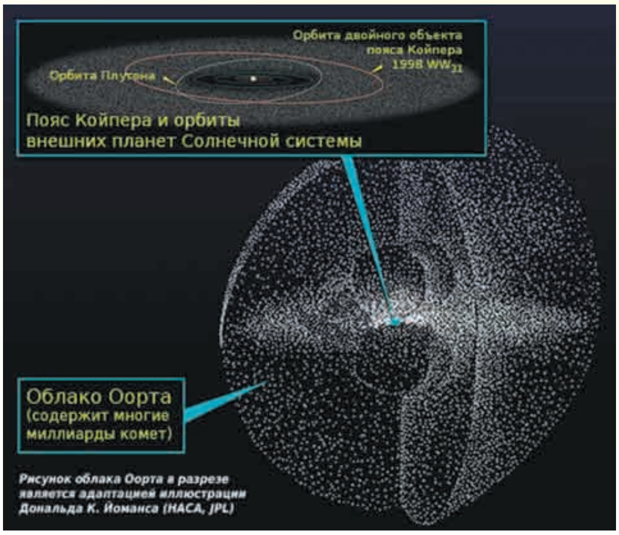
Останнім рубежем Сонячної системи є хмара Оорта, названа на честь видатного голландського астронома Яна Оорта (1900—1992 рр.). Вона розташована на величезній відстані від Сонця — близько 100—150 тис. астрономічних одиниць. Це чверть відстані до найближчої до нас зірки Проксима Центавра. Всі малі тіла в хмарі Оорта складаються з водяних, аміачних і метанових льодів. Вони сформувалися в ближніх околицях Сонця, а потім гравітація планет-гігантів «викинула» їх далеко за межі Сонячної системи. У хмарі Оорта міститься кілька сотень мільярдів ядер майбутніх комет із тривалим періодом обертання навколо Сонця. Звідти вони й починають свій шлях у Всесвіті.

ЦІКАВО

На півострові Юкатан розташований древній кратер Чиксулуб, що утворився близько 65 млн років тому при зіткненні Землі з небесним тілом, яке мало діаметр близько 10 км. При цьому виділилася енергія, яку можна порівняти з одночасним вибухом усієї ядерної зброї, наявної сьогодні на нашій планеті. Утворився кратер діаметром 180 км, а удар спричинив в океані цунамі з висотою хвилі більше 100 м, що прокотилася навколо всієї земної кулі. Частки пилу, що утворилися під час вибуху, на кілька років закрили поверхню Землі від сонячних променів, що призвело до настання різкого похолодання.

Ця катастрофа збігається за часом із масовим вимиранням динозаврів і, очевидь, є його причиною.

Передбачуваний вигляд хмари Оорта



АСТЕРОЇДИ: «ПОДІБНІ ДО ЗІРОК»

Саме так перекладається із грецької назва цих небесних тіл, хоча нічого спільного із зірками астероїди не мають. У свій час Вільям Гершель присвоїв крихітним планеткам, що обертаються навколо Сонця, це ім'я з єдиної причини: при спостереженні навіть у найпотужніший телескоп не вдавалося розглянути їхні диски, і виглядали вони як точки зірок.

Сучасні астрономи визначають астероїди, або «малі планети», як об'єкти з діаметром більше 50 м.

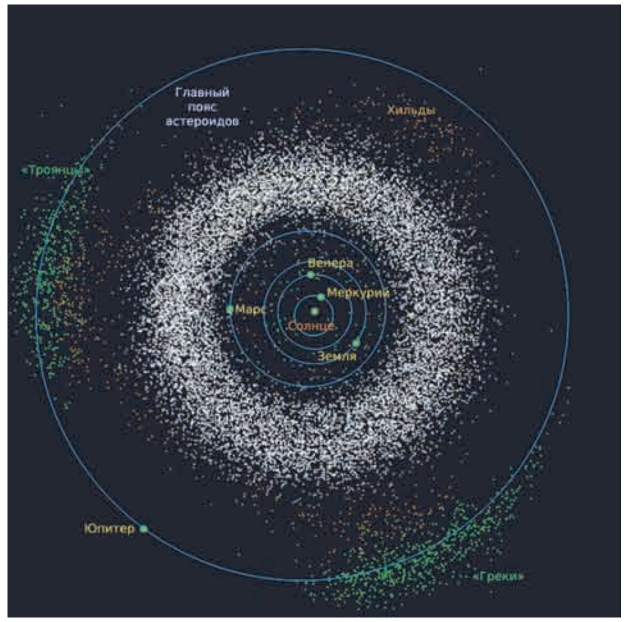
СЛІДАМИ НЕІСНУЮЧОЇ ПЛАНЕТИ

Ще у 18 столітті німецькі астрономи Й. Тициус і Й. Боде встановили закономірність, якій підкоряються діаметри орбіт планет у міру збільшення їхньої відстані від Сонця. Їм вдалося навіть вивести формулу, що з високою точністю підтверджувала припущення вчених — за єдиним винятком. Планета, що, відповідно до розрахунків, повинна була перебувати на відстані 2,8 астрономічних одиниць від Сонця між орбітами Марса і Юпітера, просто... не було.

Наприкінці 18 століття була створена група астрономів із різних країн, що протягом десяти років займалися напруженими пошуками невідомої планети між Марсом і Юпітером. Але слава першовідкривача дісталася не їм — у новорічну ніч першого року 19 століття італійський астроном Дж. Піацці виявив об'єкт, що рухався саме на тій орбіті, що була розрахована Тициусом і Боде. Це, без сумніву, була планета, але настільки маленька, що її диск не вдалося роздивитися. Планеті було присвоєне ім'я Церера — на честь римської богині родючості, покровительки острова Сицилія, звідки був родом сам Піацці.

Але тут почалися дивні події: у найближчі кілька років приблизно на тій же відстані від Сонця були виявлені ще три планети — вони одержали імена Паллада, Юнона і Веста. А коли в середині 19 століття астрономи почали використовувати у своїх спостереженнях фотографію, відкриття посипалися, як із рога достатку. З тих пір у цій області виявляли не менше одного нового небесного тіла на рік.

Виникла проблема імен: за традицією планети було прийнято називати на честь римських божеств. Але римської міфології не вистачило — у хід пішли грецька і єгипетська, а потім астероїдам стали давати імена великих астрономів, політиків, космонавтів і навіть акторів. У наші дні відомо кілька десятків тисяч астероїдів, а фахівці припускають, що в цілому між Марсом і Юпітером обертається більше 2 млн об'єктів розміром понад один кілометр.

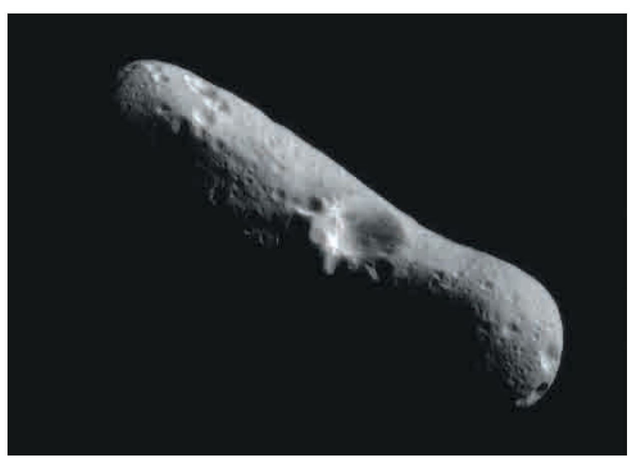


Внутрішня Сонячна система (від Сонця до Юпітера) також включає Головний пояс астероїдів (біла хмара кільцеподібної форми), групу астероїдів Хільди (помаранчевий «Трикутник» всередині орбіті Юпітера) і «Троянців» Юпітера (зелені). Групу, яка випереджає Юпітер, називають «Греки»; остання група носить назву «Троянці»

«ЗАКРИТТЯ» ФАЕТОНА

У 1802 р. німецький астроном Генріх Ольберс відкрив другий за величиною астероїд Паллада діаметром близько 500 км. Сьогодні він вважається найбільшим, тому що Церера, діаметр якої

Тривимірна модель астероїда Гаспра



Астероїд Паллада, найбільший у Сонячній системі, фахівці вважають планетою-невдахою, що зупинилася у своєму розвитку «в дитинстві»

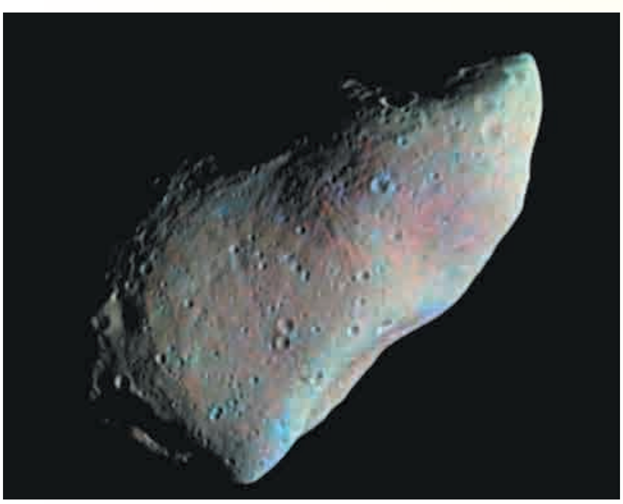
ЦІКАВО

У 1996 р. до астероїда Ерос із родини Амура був відправлений американський космічний зонд «Ніар-шумейкер». Спочатку він наблизився до астероїда Матильда, пройшов на відстані 1200 км від нього і передав на Землю більше 500 фотографій цього небесного тіла. До 2000 р. апарат досяг орбіти Ероса і перетворився в його штучний супутник. 14 лютого 2001 р. «Ніар-шумейкер» здійснив першу в історії посадку на поверхню астероїда, передавши на Землю сотні знімків поверхні і визначивши склад його ґрунту з високою точністю. Зонд працював на поверхні Ероса два тижні, після чого зв'язок із ним було втрачено. Фото астероїда із супутникової орбіти дозволили дослідникам створити першу повну тривимірну комп'ютерну модель астероїда, що має розміри 34 х 11 км.

становить близько тисячі кілометрів, а форма наближається до сферичної, одержала статус карликової планети. Тоді ж Ольберс опублікував гіпотезу, відповідно до якої малі планети є уламками існуючої в минулому великої планети Фаетон, що зруйнувалася під впливом гравітації Юпітера. Відповідно до законів небесної механіки, ці уламки повинні були проходити через ту точку, де планета розпалася. Провівши розрахунки, астроном приблизно вказав місце, де це могло трапитися, і в 1804 р. там були відкриті астероїди Юнона й Веста.

Надалі був виявлений цілий пояс астероїдів, розташований саме там, де повинна бути велика планета, розірвана полями тяжіння. Але подальші дослідження показали, що гіпотеза Ольберса помилкова. По-перше, розрахунки орбіт сотень астероїдів не давали підстав вважати, що вони колись були частиною єдиного цілого. А по-друге, загальна маса всіх астероїдів між Марсом і Юпітером становить усього кілька відсотків від маси нашого Місяця.

Тривимірна модель астероїда Ерос



Таким чином, пояс астероїдів є не залишками планети, а планетою, що так і не «зуміла» сформуватися через вплив Юпітера та інших планет-гігантів.

РОДИНИ І ГРУПИ

Починаючи з 1992 р. астрономи почали відкривати все нові астероїди в поясі Койпера — сьогодні їх відомо більше тисячі. Вони відрізняються за складом від тих, які утворюють пояс між Марсом і Юпітером. У головному поясі астероїдів виділяють три групи тіл — силікатні (кам'яні), металеві і вуглисті. Астероїди пояса Койпера практично повністю складаються з льодів і уламків гірських порід.

Телескопи не дають уявлення про зовнішній вигляд астероїдів, і близьке знайомство із ними почалося лише тоді, коли з малими планетами почали зближуватися космічні зонди. Більшість астероїдів виявилися тілами неправильної форми, покритими метеоритними кратерами.

Дослідники виділяють серед астероїдів «родини» — групи дрібних астероїдів з подібними орбітами, що утворилися при зіткненні великих астероїдів з іншими об'єктами. Три з них нерідко зближуються з орбітою Землі — це родина Амура, Аполлона й Атона.

КОМЕТИ: КОШЛАТІ МАНДРІВНИЦІ ВСЕСВІТУ

Небо для людей минулого було символом вічності й незмінності божественних установок, досконалості й стабільності. Тому поява будь-якого нового світила бентежила уми, викликала страх і безліч тлумачень. Як правило, таких, що не обіцяли нічого гарного. «Бородаті зірки», як іноді називали комети, вважалися ознакою війн, епідемій, смертей правителів, природних катаклізмів. А оскільки історія Стародавнього світу й Середніх віків була повна подібних подій, часом вони і справді збігалися з появами комет.

Астрономи, на відміну від астрологів, що бачили в «бородатих зірках» тільки лиховісні ознаки, намагалися зрозуміти природу цих мінливих світил. Але лише на початку 18 століття видатному британському астрономові Е. Галлею (1656—1742 рр.) вдалося, скориставшись ньютонівською механікою, обчислити орбіти деяких комет, що спостерігалися в попередні століття. Причому три орбіти комет, які спостерігали сам Галлей у 1682 р., Й. Кеплер у 1607 р. і П. Апіан у 1531 р., практично співпали. Із чого був зроблений висновок, що це одне і те саме небесне тіло, що час від часу повертається в околиці Землі.

Е. Галлей передбачив дату наступної появи цієї комети, і хоч не дожив до цього дня, пророцтво блискуче здійснилося. Уже в наш час в історичних хроніках різних країн ученим вдалося знайти більше тридцяти згадок про появу «бородатої зірки», що з 18 століття отримала ім'я «комета Галлея».

ІЗ ЛЬОДУ — В ПОЛУМ'Я

Галлей установив найважливіший факт — комети є членами Сонячної системи і обертаються навколо Сонця. Однак ми не можемо спостерігати їх постійно, як інші малі планети, тому що в них зовсім інші орбіти — витягнуті настільки, що деякі з них підходять до Сонця ближче, ніж Меркурій, а потім віддаляються до самого пояса Койпера. Існують комети, які на один оборот витрачають цілі тисячоліття, і на пам'яті людства з'являються на земному небі всього один раз.

Що ж собою являють небесні тіла, які стародавні греки нарекли словом «комета», що означає в перекладі «кошлата»?

Основна маса комети зосереджена в невеликому щільному ядрі, що складається з льодів води, аміаку й метану, у які вкраплені дрібні тверді частки — порошинки й піщинки. Поки комета перебуває в далеких від Сонця холодних областях Сонячної системи або навіть за її межами, ядро виглядає як невеликий астероїд, оточений світлою туманною оболонкою — її називають «кома». З наближенням до нашої зірки ядро починає розігріватися, льоди випаровуються і гази викидаються з ядра, прихоплюючи із собою тверді частки. У комети утворюється хвіст, вірніше, два хвости — газовий і пиловий, які під дією сонячного вітру витягуються у бік, протилежний від Сонця. Іноді газовий і пиловий хвіст набувають різних форм — частки речовин, з яких вони складаються, по-різному реагують на сонячне випромінювання, а довжина хвостів часом досягає двохсот і більше мільйонів кілометрів.

Хвости комет не мають чітких обрисів і практично прозорі — крізь них добре видно зірки. Газ і дрібні порошинки в них надзвичайно розріджені, і спостерігати їх ми можемо тільки завдяки їхньому власному світінню під впливом ультрафіолетового випромінювання Сонця. Як помітив один з астрономів, по суті це «видиме ніщо».

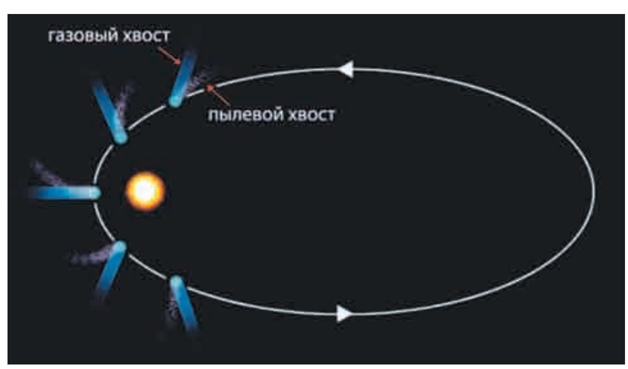
Сьогодні астрономам відомо більше 400 комет із коротким періодом обертання, причому 200 із них вдалося спостерігати двічі й тричі.

«БРУДНІ АЙСБЕРГИ»

Дослідникам Всесвіту вдалося одержати фотографії комет із невеликих, за космічними мірками, відстаней. Наскільки яскраве і вражаюче видовище являє собою комета на небі, настільки ж непривабливими виявилися кометні ядра зблизька. Найбільше вони схожі на міські замети наприкінці зими, покриті кіркою бруду й кіптяви. Або, якщо взяти до уваги їхні розміри, на дуже брудні айсберги чи навіть гірські системи.

У 1986 р. американські космічні апарати «Вега-1» і «Вега-2» і європейський «Джотто» «навідалися» до комети Галлея, передали на землю зображення її ядра й провели аналіз речовини хвоста. Припущення вчених про склад кометних

Схема руху комети по витягнутій навколосонячній орбіті



Ядро комети Вілд-2. Фото космічного апарата «Стардаст», зроблене при прольоті поряд із кометою. Добре видима кома — світла оболонка ядра. У зразках кометної речовини Вілд-2 були виявлені два види молекул складних органічних речовин

ядер підтвердилися. Ядро комети мало розміри близько 10 км і оберталося навколо своєї осі.

Основне місце, де «мешкають» комети, розташоване на найбільш далеких окраїнах Сонячної системи — у хмарі Оорта. Там вони й проводять більшу частину свого «життя». Але іноді, під впливом інших космічних тіл, деякі з них міняють свої орбіти й починають наближатися до Сонця. От тоді-то ми й бачимо їх на нічному або вечірньому небі. Однак життя комети, що вирішила покинути хмару Оорта, коротке — адже при кожному проходженні поблизу Сонця вона втрачає значну частину своєї речовини. Через 10—15 тис. років комети повністю випаровуються.

Маса середньої комети незначна — приблизно в мільярд разів менша від маси Землі, а густина речовини з їхніх хвостів практично дорівнює нулю. Тому «бородаті зірки» ніяк не впливають на планети Сонячної системи, як вважалося раніше. Так, у травні 1910 р. Земля пройшла крізь хвіст комети Галлея, навіть не відчувши цієї події.

Зате зіткнення ядра великої комети з нашою планетою може викликати вкрай важкі наслідки для атмосфери й магнітосфери Землі. Прикладом такої події може служити велична космічна катастрофа — падіння уламків комети Шумейкерів — Леві на Юпітер, яке астрономи всього світу спостерігали в липні 1994 року.

У складі речовини комет були виявлені фрагменти молекул складних органічних сполук, подібних до амінокислот — основи білкового життя. На підставі цього виникли припущення, що комети, мандруючи в найвіддаленіших куточках Всесвіту, можуть захоплювати й переносити з однієї планетної системи в іншу найпростіші форми живого або складні молекули, які можуть послужити основою для зародження життя.

Комета Хейла-Боппа

МЕТЕОРОЇДИ: МІЖ ПИЛОМ І АСТЕРОЇДАМИ

Варто поглянути на нічне небо в середині серпня. Не проходить і хвилини, як серед зірок на оксамитово-синьому тлі спалахує вогненна стріла — слід метеора, що увійшов в атмосферу Землі. Крихітна космічна піщина, що несеться з величезною швидкістю, розжарюється від тертя об повітря, спалахує і згоряє...

Ці космічні тіла астрономи називають метеороїдами. Вони складаються із твердої речовини й мають розміри від декількох часток міліметра до декількох метрів. Видимий слід метеороїда, що увірвався в атмосферу Землі, називається метеором. Коли яскравість метеора перевищує яскравість планети Венера, його називають болідом. Сліди, що залишають боліди, можна побачити навіть удень.

Швидкість метеороїдів залежить від напрямку, у якому рухаються розсіяні в космосі частки. Особливо велика вона в тих, які летять «назустріч» руху Землі, а ті, що «наздоганяють» планету, можуть бути досить «неквапливими».

Радіант метеорного потоку

«Зоряна злива» 1833 р., пов'язана з кометою Темпеля—Туттля

ЗОРЕПАДИ Й «ЗОРЯНІ ЗЛИВИ»

У листопаді 1799 р. німецький натураліст А. Гумбольдт спостерігав біля берегів Південної Америки справжню «зоряну зливу» — відстань між двома сусідніми вогненними стрілами метеорів бути меншою від ширини диска Місяця. Всі метеори наче вилітали з однієї точки в сузір'ї Лева. У 1833 і 1866 рр. точно в той же час зорепад повторився і був видимий на різних континентах.

Явище, що спостерігав Гумбольдт, було пов'язане з метеорним потоком великої інтенсивності. При цьому в атмосферу вриваються цілі рої метеорних тіл — більше тисячі на годину, і в спостерігача складається враження, що всі вони виходять з однієї точки — її називають радіантом. Однак це враження оманливе — насправді всі метеорні тіла в потоці рухаються паралельно один до одного, а їхні видимі шляхи уявляються такими, що виходять з однієї точки з тієї ж причини, з якої віддалені залізничні рейки здаються збіжними — це ефект перспективи.

Метеорні потоки, що періодично спостерігаються, одержали свої назви за місцем розташування їхніх радіантів у тому або іншому сузір'ї: Леоніди, Персеїди, Гемініди і так далі.

«БУБЛИК ІЗ НАЧИНКОЮ»

Коли астрономам 19 століття вдалося виміряти швидкості метеорів в одному з потоків, вони виявилися однаковими незалежно від розмірів часток. А в 1862 р. Дж. Скіапареллі встановив, що орбіта метеорного потоку Персеїди збігається з орбітою однієї з комет.

Це означало, що між кометами і метеорами існує «родинний» зв'язок. Загублені ядром комети при наближенні до Сонця частки мають швидкість, що майже не відрізняється від швидкості руху самої комети і рухаються майже по тій же орбіті. Однак вони не буквально прямують за кометою, а поступово розподіляються в просторі, заповнюючи об'єм свого роду «бублика», віссю якого є орбіта комети. Коли Земля у своєму русі по орбіті перетинає цей космічний «бублик», на неї обрушується потік часток, що летять паралельно. Виникає «зоряна злива».

Рівно через рік наша планета опиняється на тій же ділянці орбіти, і все повторюється з точністю до дня й години.

Однак ще одне явище потребує пояснення: чому одні метеорні потоки дають щорічно приблизно ту саму кількість метеорних спалахів, а інші то майже «висихають», то раптово вибухають справжніми небесними феєрверками.

Справа тут у віці метеорного рою. Якщо комета «стара» і мандрує по своїй орбіті багато десятків тисячоліть, то викинуті з ядра частки речовини встигають майже рівномірно розподілитися уздовж «бублика». Тому й картина на земному небі щороку та сама. Але якщо метеорний рій «молодий» і частки, що його утворюють, поки тримаються разом, його щільність протягом орбіти значно відрізняється. Якщо Земля попадає в «густонаселену» частину рою, відбувається метеорний дощ. Зазвичай це збігається саме з періодом появи комети, що породила метеорний потік, на земному небі.

НАЙЯСКРАВІШІ

Метеорні рої займають строго визначені орбіти в космічному просторі, тому й спостерігати зіткнення метеорних тіл з атмосферою Землі можна в точно визначену пору року.

Найбільше вивчений метеорний потік, що з'являється в листопаді з боку сузір'я Лева — Леоніди. Він утворився з речовини комети Темпеля—Туттля, що кожні 33 роки наближається до орбіти Землі. Чи не найдужчий за всю історію спостережень метеорний дощ Леонід трапився в 1966 р., при цьому протягом години в земній атмосфері згоряло до 150 тис. метеорів. На жаль, такі чудові «небесні шоу» землянам доводиться бачити нечасто — наступна «зоряна злива» пройде тільки в 2099 році.

Персеїди — метеорний потік, що з'являється 12 серпня з боку сузір'я Персея. Він утворюється в результаті проходження Землі через шлейф пилових часток, комети Свіфта—Туттля. Він складається із дрібних часток розміром із піщину, які приблизно щохвилини спалахують у нічному небі.

Гемініди — один із найяскравіших метеорних потоків, який можна спостерігати 13—14 грудня. Його радіант перебуває в сузір'ї Близнюків, а сам потік утворений не кометою, а астероїдом Фаетон, орбіта якого проходить у перигелії поблизу від Сонця. Метеори Гемінід (а їх можна спостерігати близько ста протягом години) напрочуд великі і мають невисоку швидкість — близько 35 км/с, тому що цей потік рухається не назустріч Землі, а «наздоганяє» її.

Метеори з потоку Леонід над Скелястими горами (США)

КОСМІЧНІ ГОСТІ

Дрібні метеорні тіла повністю згоряють в атмосфері Землі. Більші об'єкти, які зустрічаються набагато рідше, також розжарюються при терті об повітря і оплавляються, але водночас атмосфера гальмує їхній рух. Якщо швидкість такого тіла буде повністю погашена, то його незгорілий залишок падає на поверхню Землі. Це і є метеорит.

До кінця 18 століття навіть найвидатніші вчені з великим сумнівом ставилися до самого факту існування метеоритів — адже небесні тіла, уламки яких могли б випадати на Землю, просто не були відомі. Перші астероїди були відкриті лише на самому початку 19 століття. Але після переконливої доповіді французького астронома Жана-Батіста Біо про випадання в 1803 р. поблизу містечка Егль справжнього кам'яного дощу сумніви почали розсіюватися. Тоді ж чеський учений Ернст Хладні опублікував статтю, у якій спробував пов'язати воєдино два різні явища: появу вогненних кульболідів на небі і знахідки великих брил заліза, не пов'язаних ані з місцевою геологією, ані із промисловою діяльністю людей. Ця стаття поклала початок новій науці — метеоритиці.

Падіння метеорита на Землю

ІЗ ДРЕВНЬОГО ТІЛА ВСЕСВІТУ

Протягом двох століть метеорити були єдиними доступними вченим зразками неземної речовини. Їхні дослідження широко ведуться й сьогодні. Причин для цього цілком достатньо: метеорити ніколи не входили до складу великих планет і не піддавалися впливу вулканічних сил. Тому їхній склад близький до того початкового стану речовини, з якого виникла Сонячна система. Так, деякі з метеоритів складаються з тих же елементів і в тих же пропорціях, що й наше Сонце — за винятком легких газів.

Древні метеоритні кратери діаметром близько 10 км у Сахарі

За складом метеорити ділять на два великі класи — залізні й кам'яні. Залізні являють собою природний сплав заліза з нікелем, кам'яні містять в основному мінерали, що утворюють різні структури, що не зустрічаються на землі. Є й проміжний клас — залізокам'яні метеорити, що нагадують металеву губку, пори якої «просочені» мінералом олівіном.

У складі метеоритів ніколи не були виявлені будь-які елементи, що не входять у періодичну систему Менделєєва. Це означає, що весь Всесвіт складений із тих самих видів атомів, які, однак, в умовах космосу можуть утворювати невідомі на землі сполуки.

У кам'яних метеоритах нерідко зустрічаються округлі утворення — хондри (зерна). Особливо цікаві так звані вуглисті хондрити, які являють собою первинну речовину Сонячної системи, що ніколи не піддавалася нагріванню вище трьохсот градусів і зберегла свою структуру. У складі вуглистих хондритів виявлені складні органічні сполуки, які в земних умовах утворюються тільки в результаті життєдіяльності різних організмів.

ДОРОГОЦІННІ ЗНАХІДКИ

Виявлення великих метеоритів — рідкісне явище. За останні 250 років на території колиш-

нього СРСР знайдено всього 125 метеоритів масою більше кілограма. Тому екземпляри великих метеоритів зберігаються в музеях і є надбанням науки, а в народів, що живуть далеко від центрів цивілізації, часто стають об'єктом поклоніння.

Далеко не завжди навіть при падінні великого метеорита на поверхню Землі вдається виявити сам метеорит і його осколки. Так, пошуки слідів Тунгуського метеорита дотепер не увінчалися успіхом, у гігантському Аризонському кратері в США також не виявлено осколків. Пояснення такого явища досить просте — при зіткненні космічного тіла з поверхнею Землі виділяється настільки грандіозна енергія, що речовина метеорита миттєво випаровується, а на поверхні утворюється великий кратер, оточений викинутим під час вибуху грунтом і гірськими породами.

Набагато частіше метеоритам вдається уціліти, якщо головне тіло метеорита в процесі падіння на Землю руйнується під час входження до атмосфери. При цьому його уламки різко втрачають швидкість і випадають у вигляді метеоритного дощу, що не слід плутати з метеорним дощем. При випаданні метеоритного дощу утворюється так зване кратерне поле.

Уже в наш час дослідження планет і їхніх супутників показали, що метеоритний кратер — найпоширеніша форма рельєфу на всіх тілах Сонячної системи. Ними вкриті не тільки тіла, що позбавлені власної атмосфери, а й багато таких, що мають атмосфери досить значної густини.

Падіння великого метеорита на Землю

Метеорит «Вілламетт» в Американському Музеї природної історії (Нью-Йорк)

ЦІКАВО

Залізонікелевий метеорит «Вілламетт» — найбільший із усіх, колись знайдених на території США, і шостий за величиною у світі. Маса його становить майже 16 т, а розміри наближаються до розмірів малолітражного автомобіля. Цей гігант, що впав на Землю майже мільярд років тому, був знайдений у штаті Орегон, причому ніякого ударного кратера поблизу не виявилося. Справа в тому, що кілька століть тому місцеві племена індіанців виявили «Вілламетт» на території Канади і буквально на руках перенесли його в Орегон. Індіанці поклонялися каменю, називаючи його «гість із Місяця», а дощову воду, що накопичувалася у його заглибленнях, використовували для лікування хвороб. Після того як метеорит був переданий в Американський музей природної історії, індіанці зажадали його повернення, тому що він багато століть служив головним об'єктом їхнього релігійного культу. Однак на той час навколо метеорита був зведений будинок, і винести його звідти виявилося неможливим. 22 червня 2000 р. між музеєм і племенем була укладена угода, за якою раз на рік індіанцям дозволялося влаштовувати церемонії біля метеорита прямо в будинку музею в Нью-Йорку.

ЗОРЯНИЙ ПИЛ

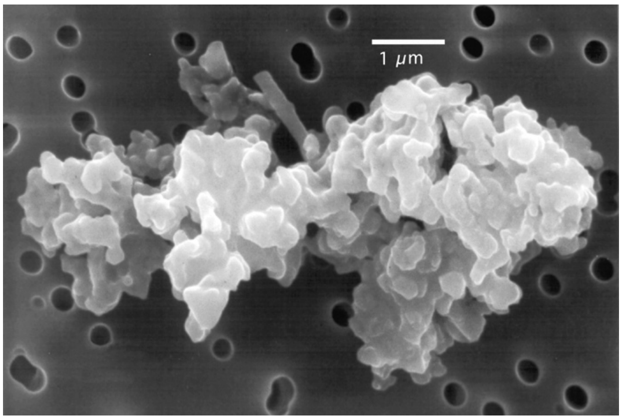
Наша Сонячна система — дуже запилене місце. Не тільки площина екліптики до орбіти Нептуна заповнена дрібним пилом, але й пояс Койпера, і хмара Оорта. За масою тверді часточки пилу становлять мізерно малу частину Всесвіту, однак саме завдяки їй виникли й продовжують з'являтися зірки, планети, та й ми з вами — ті, хто милується цими світилами.

Що ж це за субстанція — космічний пил?

Пилом в астрономії називають невеликі за розміром, як частки мікрона, тверді частки, що літають у космічному просторі. Умовно пил ділять на міжпланетний і міжзоряний, хоча і міжзоряного пилу в планетних системах чимало. Знайти його там, серед «місцевого» пилу, не так просто. Склад міжпланетного пилу не відрізняється від складу метеоритів, що падають на Землю. Міжзоряний пил куди цікавіший. Його визначальна риса — наявність твердого ядра й оболонки. Ядро складається з вуглецю, кремнію й металів. А оболонка — з намерзлих на поверхню ядра газів, що кристалізувалися в умовах «глибокої заморозки» міжзоряного простору, і навіть багатоатомних органічних молекул, які налипають на порошину або утворюються на її поверхні під час поневірянь у просторі. У складі міжзоряного пилу виявлені вода, оксиди вуглецю, азоту, сірки й кремнію, хлористий водень, аміак, ацетилен, органічні кислоти — мурашина й оцтова, етиловий і метиловий спирти, бензол і навіть амінокислота гліцин.

Міжзоряний пил проникає навіть на Землю, але піймати його тут нелегко, тому що, нагріваючись, він губить свою крижану «шубку» і змішується зі «звичайним» пилом в атмосфері. А утворюються його «ядра» в атмосфері зірок або при їхніх вибухах, і потім вирушають у довгий шлях по Всесвіту, потрапляючи в різні умови, «обростаючи» частками льоду і молекулами різних речовин.

Частинки міжзоряного пилу в «пастці»



Космічний апарат «Стардаст»

Дослідники вважають, що Сонце і його «родину» зовні оточує пилова хмара. І сусідство такої хмари із зіркою — головна ознака наявності в неї планетної системи: адже саме згуслий пил приводить до виникнення великих тіл-супутників.

КОСМІЧНИЙ «ПИЛОСОС»

Досліджувати властивості міжзоряного пилу можна на відстані — за допомогою телескопів та інших приладів, розташованих на Землі. Але набагато заманливіше піймати міжзоряні порошини й докладно з'ясувати, із чого вони складаються і як улаштовані. Першу спробу роздобути зразки міжзоряного пилу розпочали в США за допомогою космічного апарата «Стардаст» («Зоряний пил»). На ньому були встановлені спеціальні пастки для збору міжзоряних часток. Щоб піймати порошини, не втративши при цьому їхньої оболонки, пастки наповнили особливою речовиною — аерогелем, що нагадує звичайне желе. Потрапивши в неї, порошини застряють, кришка захлопується — і справу зроблено.

Місія завершилася успішно — на початку 2006 р. «Стардаст» пройшов повз Землі, скинувши на її поверхню капсулу з пастками. У цілому він подолав шлях у 4,6 млрд км. 132 пастки доставили на Землю зразки міжзоряного пилу і більших часток, і сьогодні триває вивчення мільйонів відбитків порошин, що збереглися в аерогелі.

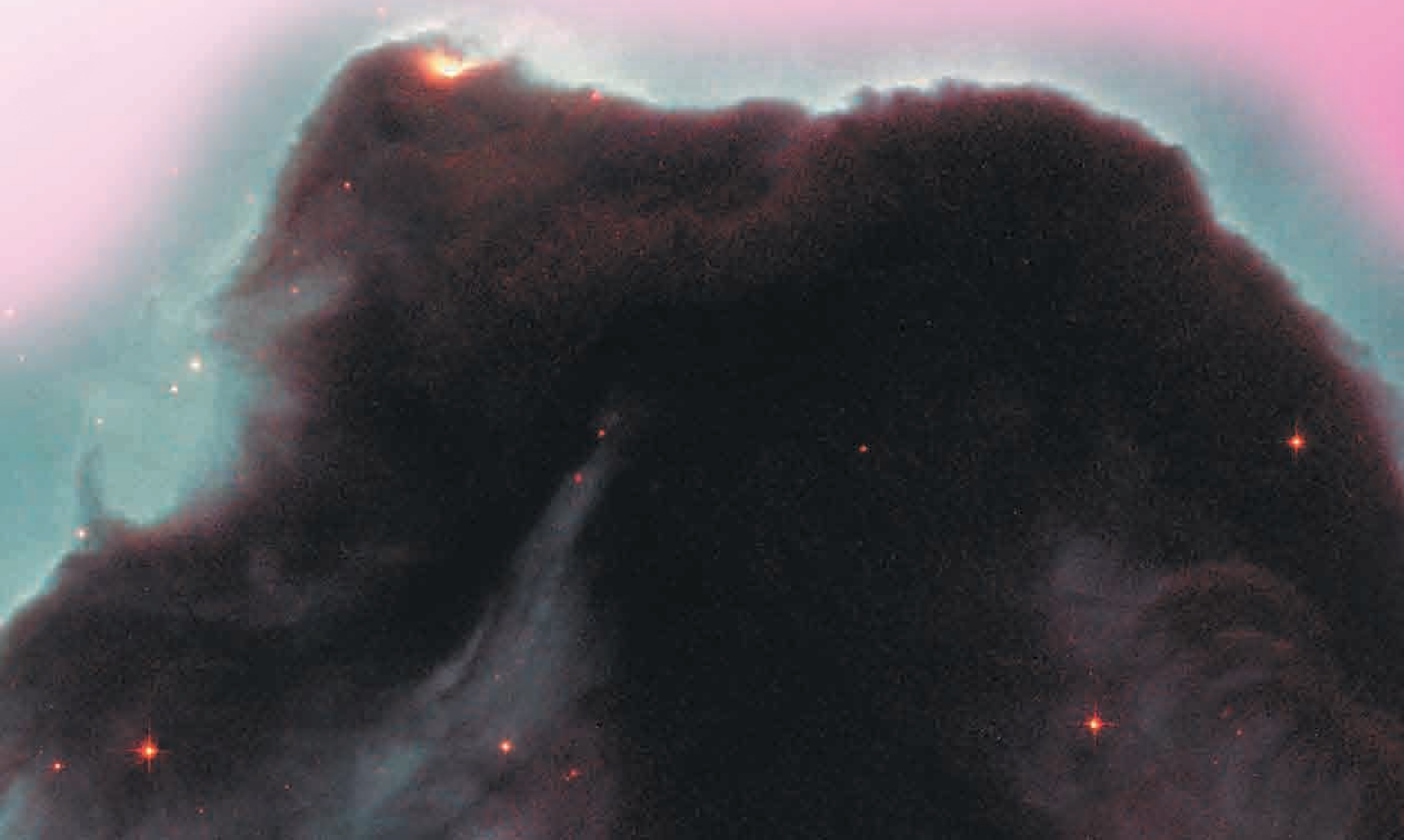
РОБІНЗОНИ ЗОРЯНОГО ОСТРОВА

Досить швидкого погляду на зоряне небо, щоб переконатися — кількість зірок в усіх напрямках у середньому однакова. І тільки смуга Чумацького Шляху наче порушує гармонію світил і викликає питання. Відповідь на ці питання і стала першим кроком людства в пізнанні глибин Всесвіту.

Неозброєним оком ми можемо бачити тільки найближчі до нас, «сусідні» зірки. Але з появою телескопів виявилося, що Чумацький Шлях складається з безлічі слабких, а значить, дуже віддалених зірок, причому їхнє число в міру наближення до «небесної ріки» швидко зростає. Так одержало підтвердження передбачення філософа й натураліста Іммануїла Канта, який думав, що зірки у світовому просторі зібрані в «зоряні острови» — галактики. В одному з цих островів — галактиці Чумацький Шлях — і розташоване Сонце разом зі своєю системою планет, у яку входить наша Земля.

Наша Галактика, як і всі інші, відомі астрономам, не має чітких меж — «берегів». Неможливо точно сказати, де вона закінчується і починається міжгалактичний простір. Якщо при спостереженні в оптичний телескоп галактика має один розмір, то дані радіовимірів можуть показати, що вона оточена хмарами міжзоряного газу, більшими в десятки разів. І все-таки, основне населення галактик — зірки. Великі й малі, спокійні та бурхливо мінливі, одиночні і такі, що утворюють групи — у Чумацькому Шляху їх близько 200 мільярдів. Зірки народжуються, живуть і помирають, і цей процес відбувається прямо зараз, почавшись 13 мільярдів років тому.

Про зірки і піде мова в цьому розділі.



ЗОРЯНИЙ «ПАСПОРТ»

Ті кілька тисяч зірок, які ми можемо спостерігати без допомоги астрономічних інструментів, виглядають по-різному — великі і яскраві, добре помітні, а поряд — крихітні тьмяні крапки в глибинах Всесвіту, чий блиск перебуває на порозі сприйняття нашого ока.

Видима яскравість зірки залежить у першу чергу від відстані до неї і світності — величини, за допомогою якої в астрономії визначають кількість енергії, що випромінюється зіркою за одиницю часу. Світність зірок можна вимірювати в одиницях потужності, але набагато зручніше порівнювати їх зі світністю добре відомого об'єкта — такого, як наше Сонце.

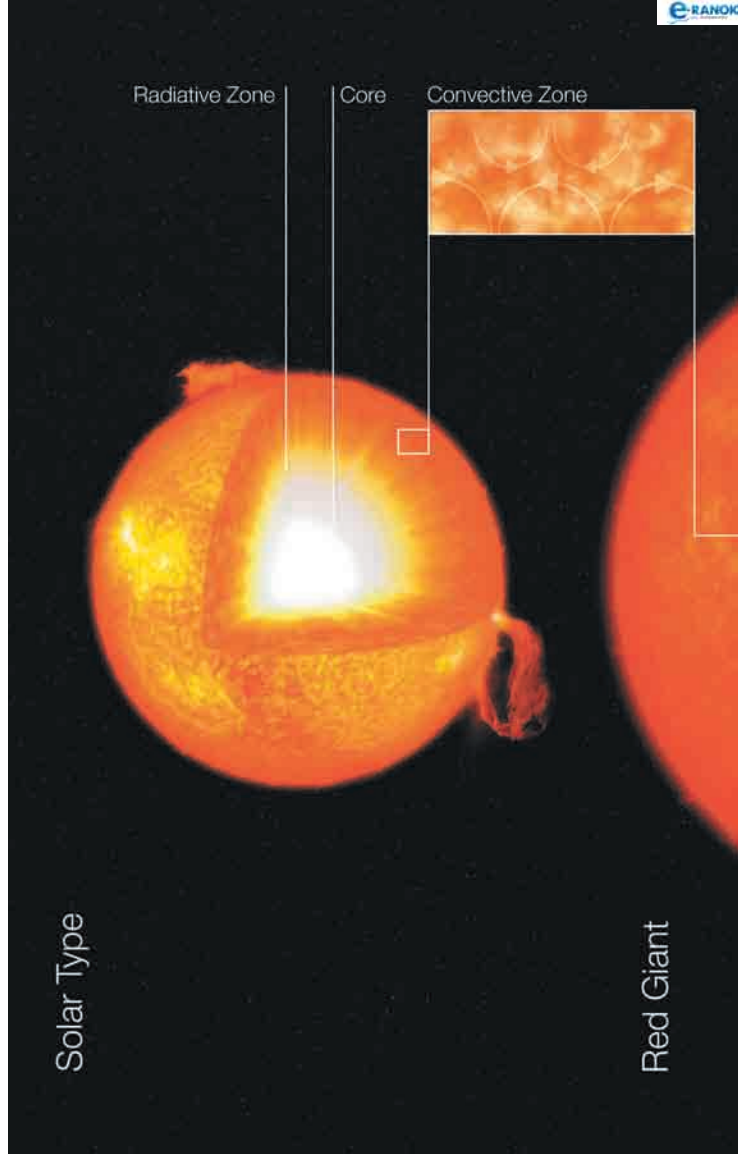
КОЛЬОРИ Й ТЕМПЕРАТУРА

Вимірювати енергетичні характеристики випромінювання зірок в астрономії почали з появою в першій половині 20 століття такого розділу прикладної оптики, як фотометрія, і вдосконаленням фотометрів. Фотометри стали з тих пір одним із найважливіших астрономічних інструментів. Перші ж результати показали, що яскраві зірки нашого неба за світністю перевершують Сонце. Так, Вега виявилася в 50 разів яскравішою, Арктур — у 107 разів, а гігант Канопус — навіть у 4700 разів. Знайшлося і чимало зірок меншої світності, так що наша зірка далеко не найслабша серед свого оточення.

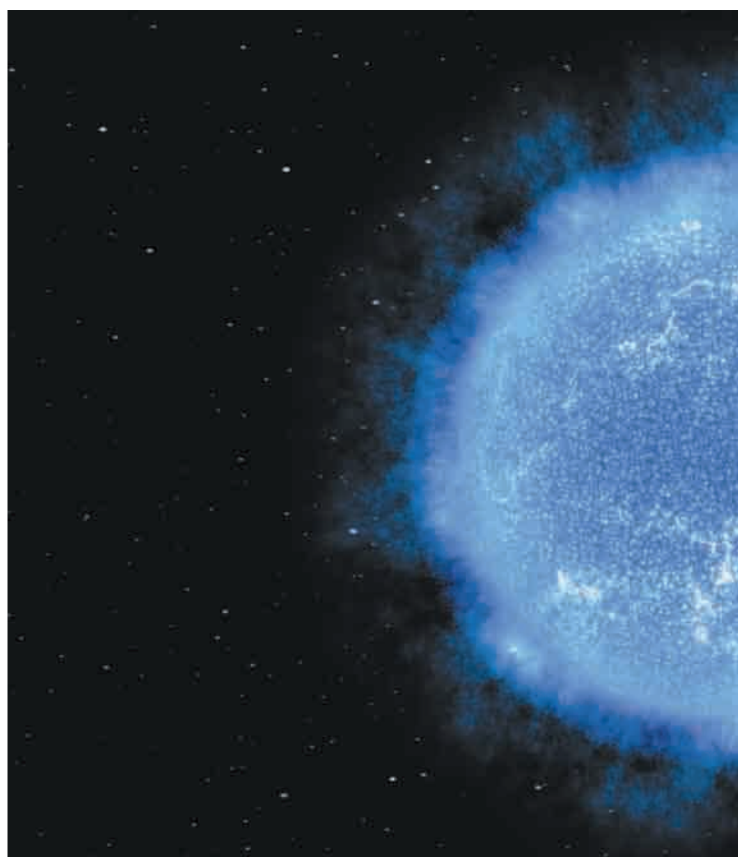
Світність залежить як від розмірів зірки, так і від температури її поверхні. Найхарактернішим показником температури є колір зірки, що в деяких випадках можна побачити навіть неозброєним оком. Якщо поступово нагрівати сталь, вона з часом стає темно-багряною, вишнево-червоною, яскраво-жовтогарячою, а потім — сліпуче білою. Те ж саме із зірками: більш «холодні» зірки мають червонуватий відтінок, а «гарячі» випромінюють біле або навіть блакитнувате світло. Температура їхніх поверхонь змінюється в діапазоні від 2—3 до 30—50 тис. градусів.

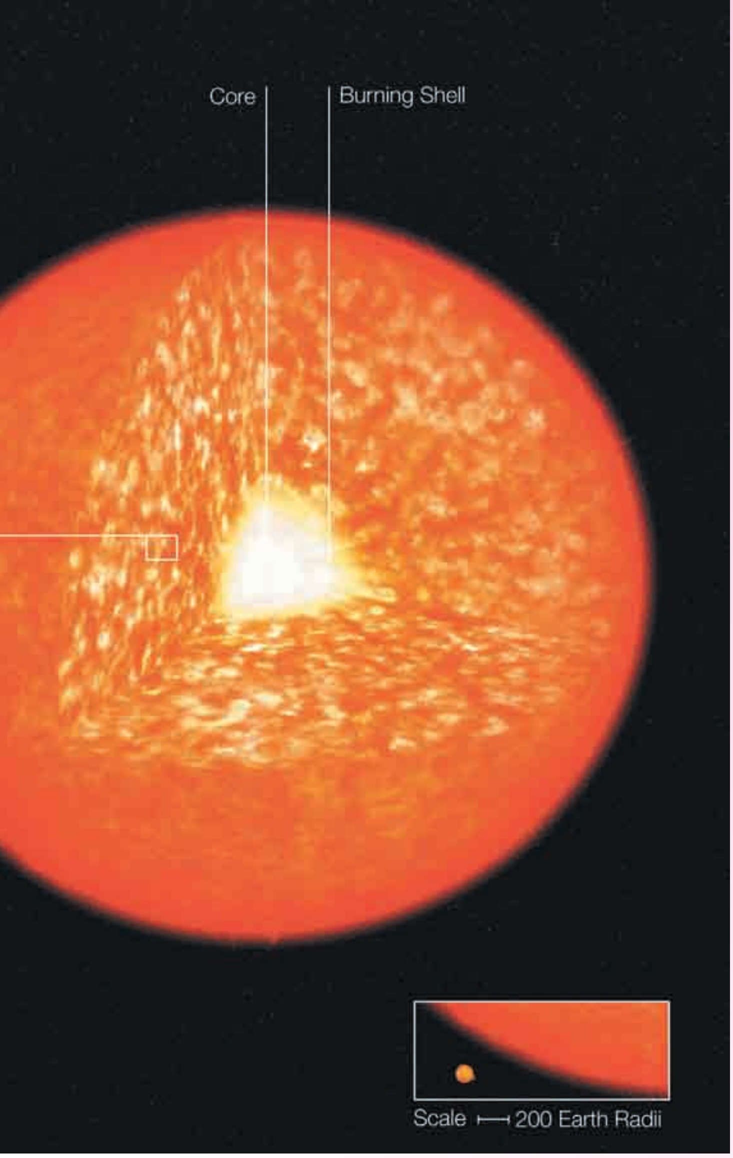
СВІТНІСТЬ І РОЗМІРИ

Визначити розміри зірки — завдання не з простих. Адже навіть найпотужніші сучасні телескопи не в змозі розрізняти їхні диски. Для зірок із найближчого оточення Сонця використовують метод покриття зірки Місяцем. Коли край місячного диска наближається до зірки, він закриває її не миттєво, а протягом невеликого проміжку часу. Такий спосіб вимагає величезної точності, але якщо вдається виміряти цей мікроскопічний проміжок, то обчислити розміри зірки може навіть школяр.



Порівняння розмірів «Червоного гіганта» і Сонця. Світність «Червоного гіганта» у десятки тисяч разів перевищує сонячну





Цей метод підходить не для всіх найближчих зірок — адже Місяць рухається тільки серед частини сузір'їв нашого неба. Тому розміри більшості відомих зірок обчислюються теоретично. Для Сонця нам відомі всі три головні величини — світність, температура поверхні й діаметр сонячного диска. Закони випромінювання енергії діють однаково у всіх куточках Всесвіту. Світність і температуру навіть найвіддаленішої зірки сучасні астрономи можуть визначити з досить високою точністю, після чого залишається порівняти світність Сонця й зірки, виражену через температуру, і радіуси обох світил.

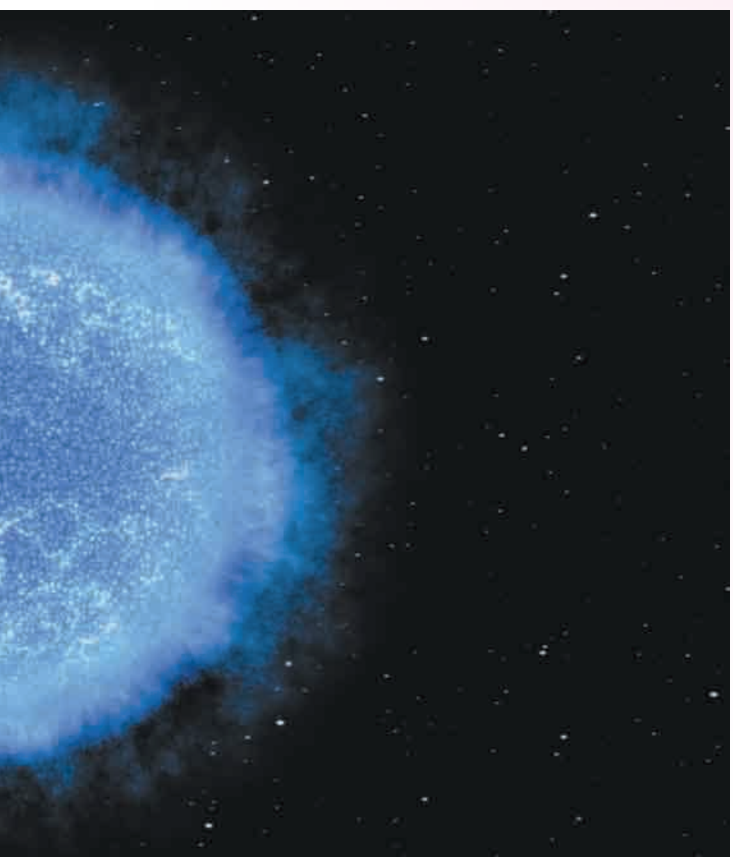
МАСА І «ТЕМПЕРАМЕНТ»

Маса — чи не найголовніша характеристика зірки. У надрах масивних зірок виникають надвисокі температури й тиски, при яких бурхливо виділяється енергія. Світність такої зірки надзвичайно висока, запаси водню й гелію — основного палива, що підтримує термоядерні реакції в ядрі світила, витрачаються швидко, і «життя» зірки, як правило, виявляється недовгим. Зате зірки з малою масою витрачають свою енергію набагато ощадливіше, і їхнє життя виявляється значно тривалішим.

Масу зірок астрономи визначають за допомогою закону всесвітнього тяжіння. Це стає можливим тоді, коли зірки утворюють системи з іншими зірками, але у випадку одиночних зірок доводиться обмежуватися менш точними оцінками на основі світності: чим вище світність, тим більша маса.

Цікаво, що за світністю й розмірами зірки відрізняються набагато більш помітно, ніж за масами. Не існує зірок із масою меншою, ніж одна десята маси нашого Сонця. У них не можуть виникнути умови для початку термоядерних реакцій. Але немає й зірок із масою більшою, ніж 150 мас Сонця, — такі світила стають занадто нестійкими і незабаром після того, як спалахують, гинуть і розпадаються.

«Блакитний гігант»



ЦІКАВО

Розміри зірок відрізняються величезною різноманітністю. Діаметр «білих карликів» істотно менший за сонячний і наближається до розмірів Землі. Ще більш «дрібні» нейтронні зірки мають поперечник завдовжки всього кілька кілометрів. А червоні надгіганти, яких чимало в нашій Галактиці, такі великі, що коли їх помістити в центр нашої Сонячної системи, то орбіти багатьох планет, включаючи Юпітер, опиняться всередині зірки! Речовина в зірках різних розмірів перебуває в настільки різних станах, що їх не так і просто віднести до небесних тіл, що належать до однієї «родини».

Регіон народження зірок N11B, знятий телескопом «Хаббл»

НАРОДЖЕННЯ ЗІРКИ

Знаменитий англійський астроном і астрофізик Артур Еддінгтон стверджував, що на світі немає нічого простішого, ніж зірка. Можливо, учений виходив із того, що будь-яка зірка — куля, усі радіуси кулі рівноправні, а значить достатньо з'ясувати, як змінюються фізичні параметри речовини зірки уздовж одного радіуса — і справу зроблено. Можна вважати, що про зірки нам відомо все.

Якби все було так просто! Ніколи й ні за яких умов нам не вдасться проникнути глибше від поверхні навіть найближчої до нас зірки — Сонця. Тому всі наші уявлення про те, які процеси відбуваються в його надрах, як «живе» і «працює» зірка, звідки береться гігантська енергія, випромінювана нею в навколишній простір, ґрунтуються винятково на загальних фізичних законах і гіпотезах про еволюцію Всесвіту. Перевірити їхню істинність можна тільки одним способом — побудувати комп'ютерну модель зірки. Якщо «на виході» отримаємо ту ж світність, масу й розміри, які визначаються при спостереженнях за «реальним» світилом, то виходить, що припущення вчених правильні.

ЯК ВОНИ ЗАГОРЯЮТЬСЯ?

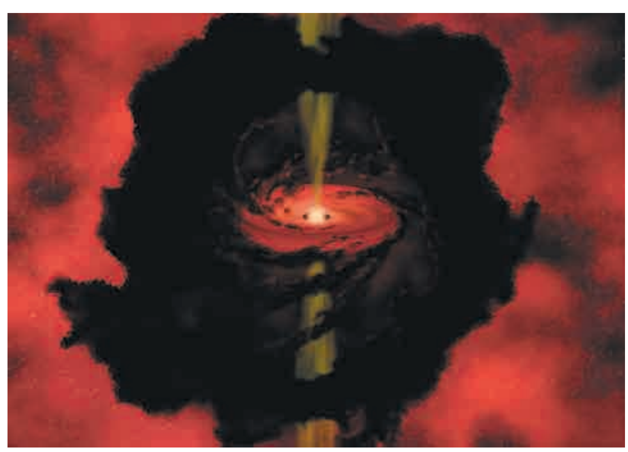
Причини, через які спалахують зірки, точно не відомі — сьогодні існують тільки більш-менш достовірні моделі, що пояснюють дані спостережень. Однак усіма вченими визнано, що зірки виникають в областях із підвищеною густиною речовини, тобто в надрах міжзоряних газопилових хмар.

Відбувається це, швидше за все, так. Спочатку з міжзоряного середовища під впливом гравітаційних або електромагнітних збурень згущується протозоряна хмара. Поступово вона починає зменшуватися в об'ємі, притягуючи до себе речовину з навколишнього простору. Температура і тиск у центрі хмари зростають доти, доки молекули в центрі газової кулі, що стискається, не починають розпадатися на атоми, а потім і на іони. При цьому газ охолоджується, і тиск у ядрі майбутньої зірки різко падає. Ядро стрімко стискується, а всередині хмари, що його оточує, поширюється ударна хвиля, що «відкидає» зовнішні шари речовини в навколишній простір. Протозірка, що звільнилася від туманних оболонок продовжує стискуватися під дією сил тяжіння доти, доки в її центрі не починаються реакції перетворення водню в гелій — термоядерний синтез.

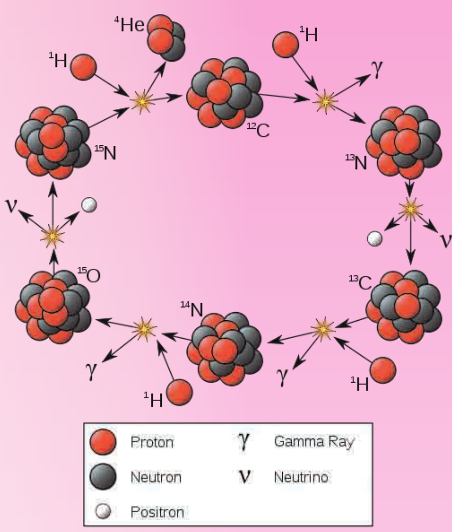
Маса зірки, що утворилася, завжди менша маси туманності, що її «породила». Зберігати форму кулі зіркам дозволяє особливого роду рівновага — тиск нижніх шарів, які бурхливо «киплять», точно врівноважуються вагою верхніх шарів світила.

Енергія при термоядерному синтезі виділяється в основному у вигляді рентгенівського й гамма-випромінювання, але по дорозі з надр зірки до її поверхні вона піддається змінам за рахунок «перевипромінювання» і перетворюється на видиме світло та інфрачервоне випромінювання.

Народження зірки усередині газопилового згустку



А ЧОМУ ГАСНУТЬ?



Реакція перетворення водню на гелій за участі вуглецю й азоту. Такі реакції проходять у надрах «зрілих» зірок

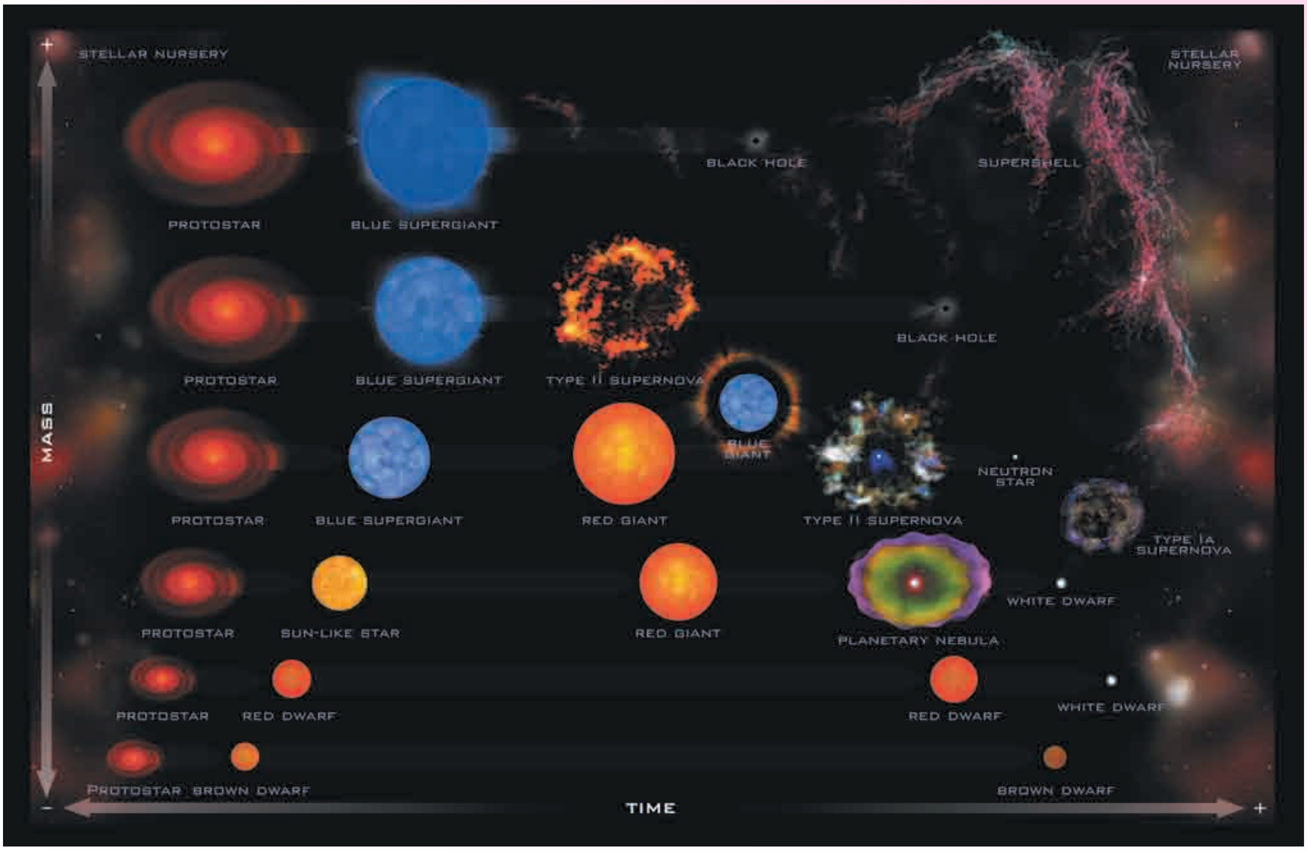
Як не повільно за нашими мірками ідуть процеси в зірках, але рано чи пізно вони починають «старіти». Водень, з якого майже повністю складається молода зірка, поступово вигорає, причому тим швидше, чим більша загальна маса зірки. Тоді настає черга гелію — його ядра поєднуються в ядра вуглецю, також виділяючи значну енергію. Далі утворюються все більш важкі хімічні елементи — аж до заліза. Зірки — це космічні «фабрики» важких елементів: спочатку Всесвіт складався практично із самого лише водню.

Зрештою, ядро зірки, що більше не одержує енергії від термоядерних реакцій, швидко зменшується в розмірі, втрачає стійкість, і його речовина наче «падає сама в себе». Відбувається грандіозний вибух, під час якого виникають температури до мільярдів градусів, а взаємодії між ядрами атомів призводять до утворення нових хімічних елементів, аж до тих, що займають останні місця у таблиці Менделєєва. Вибух супроводжується гігантським сплеском енергії й викидом речовини. Цей процес називають спалахом наднової.

Доказом, що ці процеси відбуваються приблизно так, служить той факт, що молодих, тобто гарячих, зірок і їхніх скупчень найбільше в областях з підвищеною щільністю газу й пилу — туманностях.

Склад речовини зірки, визначений за допомогою спектроскопії, може чимало розповісти вченим про час її народження і про етап «зоряної біографії», на якому вона зараз перебуває.

Еволюція зірок — від зародження до «чорної діри»



РІЗНОМАНІТТЯ ЗОРЯНОГО СВІТУ

Якби зірка була крупинкою солі, всі зірки, видимі на небі Землі неозброєним оком, помістилися б у чайній ложці. Однак зірки відомої астрономам частини Всесвіту могли б утворити кулю діаметром більше тринадцяти кілометрів, і при цьому всі вони мають різний колір, масу й світність.

Уже на початку 20 століття провідним ученим стало ясно: для того, щоб орієнтуватися в цьому різноманітті космічних об'єктів, необхідно розділити зірки на групи з хоча б приблизно однаковими властивостями. Але за якими ознаками їх класифікувати? З розвитком спектроскопії з'ясувалося, що всі зірки з однаковою температурою поверхні і, відповідно, одного кольору, мають подібні набори ліній у спектрах. Це й стало основою для поділу світил на великі групи — спектральні класи.

КЛАСИФІКАЦІЯ ЗІРОК

Спектральні класи зірок — їх утворилося вісім — були позначені латинськими буквами O, B, A, F, G, K і M — у порядку зниження температури поверхні, потім довелося ввести ще й цифрові позначення, якими позначається приналежність зірки до одного з десяти підкласів.

До класу O належать нечисленні дуже гарячі зірки з температурою до 50 тис. градусів і великою кількістю ультрафіолетового випромінювання. Клас B також вирізняється високими температурами — від 30 до 12 тис. градусів, у їхньому спектрі добре помітні лінії гелію, кисню й азоту. У спектрах зірок класу A переважають лінії водню й з'являються слабкі лінії заліза, їхня температура від 11,5 до 7,7 тис. градусів. У класі F, при температурі поверхні зірок 7,6—6,1 тис. градусів, добре видимі лінії водню, кальцію й різних металів, а в класі G лінії металів починають переважати над воднем, а температура знижується до 5—6 тис. градусів. До зірок класу K належать світила з низьким ультрафіолетовим випромінюванням і температурою до 4,9 тис. градусів, а до класу M — червоні зірки зі смугастим спектром, у якому практично немає слідів водню, зате присутній окис титану.

Така класифікація виражає розходження не тільки в температурі, але й у хімічному складі зірок. Відповідно до неї, наше Сонце належить до спектрального класу G2, зірка Рігель — B8, Бетельгейзе — M2.

ГОЛОВНА ПОСЛІДОВНІСТЬ

У 1910 р. двоє астрономів — датчанин Ейнар Герцшпрунг і американець Генрі Ресселл — незалежно один від одного вирішили з'ясувати, як залежить світність зірки від її спектрального класу, або кольору. Для цього вони нанесли на графік дані про всі відомі в той час спектральні класи і світимості зірок. У лівій частині діаграми розташувалися гарячі білі й блакитні зірки, у правій — «холодні» червоні, угорі — ті, що випромінюють багато енергії, унизу — ті, які «скупляться» на випромінювання. Якби залежність спектр — світність була однозначною, на діаграмі утворилася б пряма лінія, якби ніякої залежності взагалі не існувало, точки розташувалися б по всьому полю діаграми.

Вийшло щось зовсім інше: точки, що відповідають тим або іншим зіркам, згрупувалися в різних областях. Найбільше їх (близько 90 %) розмістилося на діагоналі, проведеній із лівого верхнього кута (зірки класів O і B, що випромінюють багато енергії) до правого нижнього кута (слабкі червоні зірки). Цю діагональ астрономи назвали «головною послідовністю». Вище горизонтально простягнулася послідовність зірок із найбільшою світністю, які назвали гігантами, тому що для того, щоб випромінювати стільки енергії, зірка повинна мати дуже велику поверхню. Ще вище, над послідовністю гігантів, розташувалися гіпергіганти і надгіганти, а між гігантами й головною послідовністю — субгіганти.

Заповненою виявилася ще одна область — у лівому нижньому куті розмістилися гарячі зірки малої світності, які називають «білими карликами» — адже для того, щоб випромінювати мало енергії, гаряча зірка повинна бути дуже маленькою.

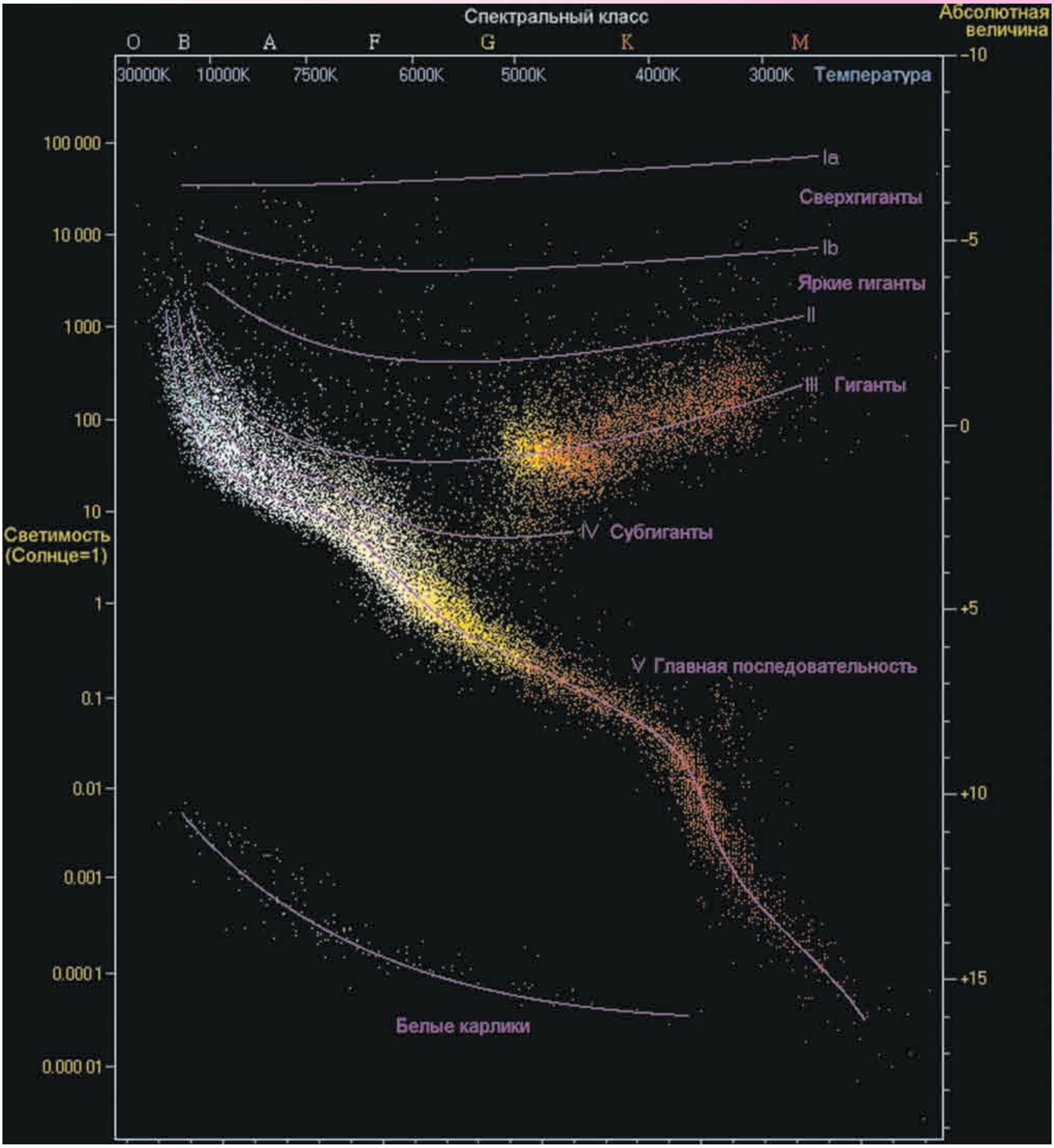
Ученим спочатку здавалося, що протягом свого життя зірки проходять шлях уздовж головної послідовності — поступово втрачаючи енергію й остигаючи. Однак насправді все виглядає складніше. «Новонароджена» зірка майже одразу «сідає» на головну послідовність, а її місце в ній залежить насамперед від маси — чим більше маса, тим більш високе місце вона займає. Там зірка і проводить більшу частину свого жит-

тя. Тому-то на головній послідовності й «зібралася» найбільша кількість зірок. Але коли водневе «пальне» підходить до кінця, зірка починає міняти свій вигляд. Її оболонка починає розбухати, зірка стрімко збільшується і переходить у клас «червоних гігантів», міняючи місце на діаграмі. Потім оболонка, що остигає, скидається — і залишається тільки розпечене ядро зірки. На світ з'являється новий «білий карлик».

Так живуть зірки головної послідовності, у тому числі й наше Сонце. В інших типів зірок «біографія» і складніша, і багатша на події.

За допомогою діаграми Герцшпрунга — Ресселла нерідко вдається визначати і вік віддалених зоряних скупчень. Якщо всі зірки скупчення лежать на головній послідовності — скупчення молоде, якщо частина зірок уже покинула головну послідовність, його вік на порядок більший.

Діаграма Герцшпрунга — Ресселла



КОСМІЧНІ БЛИЗНЮКИ

Сонце — найбільш рядова зірка головної послідовності, але в нього є особливість, що відрізняє це світило від безлічі зірок нашої галактики. Сонце — одиночна зірка, а більшість відомих астрономам зірок існують парами або навіть утворюють більш складні сполучення із числом зірок кратним двом.

Із трьох тисяч найближчих до нас зірок близько двох тисяч є подвійними. Спробуємо розібратися, як виникають зоряні пари і чи дійсно вони є «близнюками» — адже набагато частіше в системах із двох зірок зустрічаються світила зовсім різних спектральних класів і маси.

Подвійні зірки не слід плутати із зірками, які візуально розташовані на небі «поряд», а насправді перебувають на величезній відстані.

З ОДНІЄЇ ХМАРИ

Життя зірки починається з утворення згустків у надрах газопилової хмари. Під дією сил тяжіння хмара продовжує згущуватися й ущільнюватися, а її обертання прискорюється, при цьому відцентрові сили прагнуть розірвати згусток на частини. Це явище добре знайоме танцюристам і фігуристам — якщо при обертанні притиснути руки до тіла, його швидкість різко зростає. Крім того, у хмарі відбуваються вихрові рухи мас газу й пилу. У результаті замість однієї протозірки утворюється кілька «зародків» майбутніх зірок. Усе залежить від фізичних умов, що склалися у хмарі.

От і виходить, що подвійні й кратні зірки — справді близнюки, що народилися в тому самому місці приблизно в той самий час. Але надалі життя близнюків може скластися зовсім по-різному — тут все залежить від маси кожного з них. Більш масивні зірки живуть «швидше» і в процесі зоряної еволюції обганяють своїх ровесниць, опиняючись на більш пізніх стадіях розвитку, тобто стаючи «старшими».

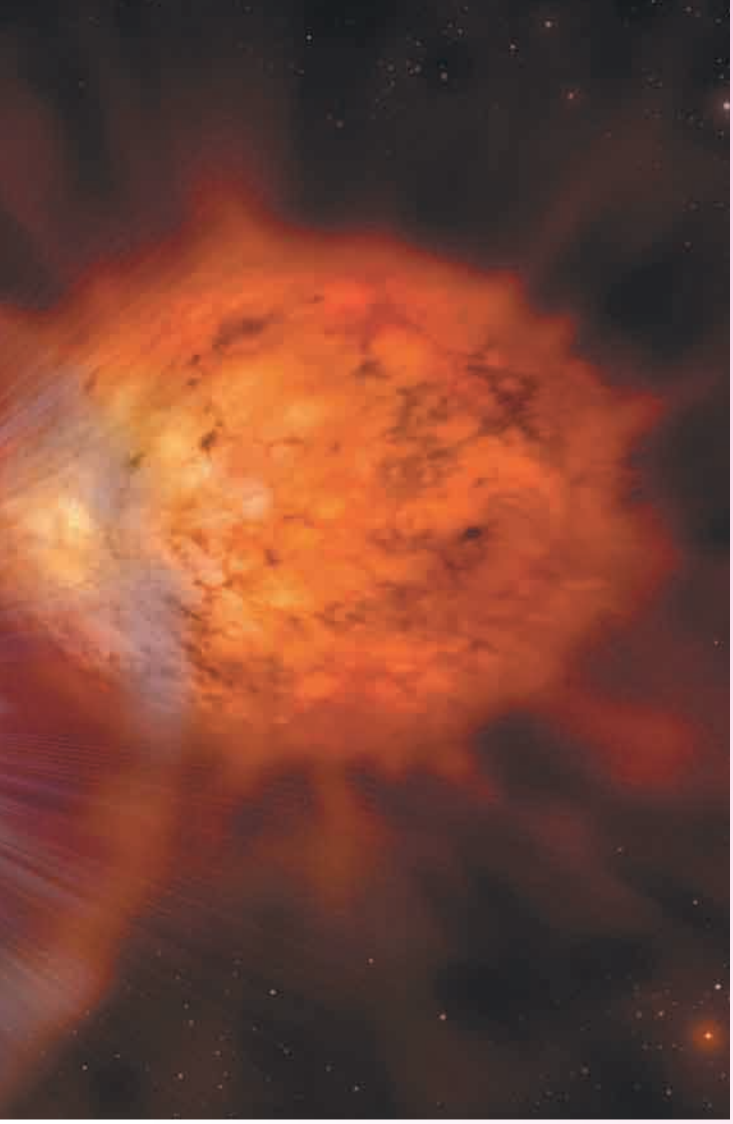
Сіріус А і Сіріус В (точка праворуч)

Обмін речовиною між «різновіковими близнюками»

«РОЗДІЛЕННЯ» ПАР

Щоб установити, що дві зірки розташовані поряд і обертаються під дією взаємного тяжіння, потрібні тривалі спостереження. Лише в телескоп вдається «розділити», як говорять астрономи, багато зірок, видимих простим оком як одне ціле. І не дивно — серед найближчих до нас зоряних пар кутова відстань між «партнерами» складає не більше половини кутової мінути, а це — одна шістдесята розмірів диска повного Місяця.

У випадку, коли подвійна зірка розташована далеко, навіть найпотужніші телескопи виявляються безсилими. Тоді доводиться вдаватися до інших методів. При обертанні подвійної зоряної системи одна із зірок постійно віддаляється від спостерігача, а інша — наближається до нього. Швидкості обертання пар досить великі, отже,



ЦІКАВО

Єдина подвійна зірка, яку можна «розділити» навіть у звичайний бінокль, — це Епсилон Ліри. А зірка Кастор у сузір'ї Близнюків являє собою складну систему із шести зірок. Кількість зірок у таких системах зазвичай парна — це кілька зоряних пар, що обертаються по складних орбітах навколо загального центра маси.

лінії в спектрі повинні зміщуватися то до червоного кінця спектра (при віддаленні), то до фіолетового (при наближенні до спостерігача). Спектрометри, якими користуються астрономи, сприймають спектр подвійної зірки як єдине ціле, але в ньому виникає характерна деталь — «розщеплення» ліній, що і підтверджує, що дана зірка — подвійна.

Є й ще один спосіб — точний вимір траєкторії власного руху зірки, «запідозреної» в тому, що в неї є пара, не розпізнана в телескоп. Якщо зірка рухається не по прямій, а робить невеликі хвилеподібні коливання, це означає, що вона обертається не навколо власної осі, а навколо якоїсь точки за її межами. Це відбувається тільки в тому випадку, якщо зірка є частиною подвійної системи. Так був виявлений супутник найяскравішої зірки нашого неба Сіріуса — «білий карлик» Сіріус B. Він має настільки малі розміри, що астрономи прозвали його Щеням.

У ТІСНОМУ СОЮЗІ

За допомогою точних вимірів руху зоряних пар вдається з великою вірогідністю визначити маси обох зірок. Іноді в системах подвійних зірок, що обертаються на невеликій відстані — їх називають «тісними парами»,— відбувається дивовижне явище, а саме обмін зірок речовиною. Найчастіше це відбувається, коли одна із зірок, випереджаючи іншу в розвитку, перетворюється на гіганта. При цьому лінійні розміри зірки в багато разів збільшуються, а відстань між партнерами по союзу скорочується. При цьому маса спочатку більш легкої зірки виявляється більшою, ніж у тієї, котра раніше була наймасивнішою.

Речовина із зірки, що «роздулася», спрямовується до «партнера», але потрапляє туди не відразу — цьому заважає взаємне обертання пари. Навколо меншої за розмірами зірки утворюється диск речовини, який обертається, і в міру того, як сили тертя сповільнюють швидкість його часток, речовина осідає на поверхню зірки. Такий процес називається акрецією, а диск, що утворився, — акреційним. У підсумку увесь водень із зовнішніх шарів гіганта перетікає до іншої зірки, а сам він швидко перетворюється на «білий карлик».

Такий процес нагадує «зміну лідера» під час велогонки — спершу більш масивна зірка поступається своєю першістю.

Альбірео в сузір'ї Лебедя — одна з найкрасивіших подвійних зірок

СКУТІ ОДНИМ ЛАНЦЮГОМ

Серед зірок, що розташовані на небі візуально близько одна від одної, є й такі групи, які дійсно розміщуються на відносно невеликих астрономічних відстанях. Вони пов'язані між собою загальним походженням і гравітаційними силами, тому й рухаються серед полів тяжіння нашої Галактики як єдине ціле. Такі «дисципліновані» групи зірок називають зоряними скупченнями. За своїм походженням скупчення поділяються на два основні типи — кульові і розсіяні. Якщо ж група зірок, особливо молодих, не пов'язана між собою узами гравітації, їх називають зоряними асоціаціями.

РОЗСІЯНІ ЗОРЯНІ СКУПЧЕННЯ

Деякі з них можна побачити неозброєним оком. Наприклад, у сузір'ї Тільця цілі два таких скупчення — Плеяди і Гіади. У Плеядах людина з гарним зором може розрізнити 5—7 зірок, але насправді в це скупчення їх входить кілька сотень. Гіади — найближче до нас розсіяне скупчення, до нього близько 150 світлових років. І Плеяди, і Гіади відомі з глибокої давнини — їх згадує Гомер в «Іліаді» й «Одіссеї», а також Біблія. Але в часи динозаврів — 80—100 млн років тому — Плеяд на земному небі не було, тому що молоді зірки, що входять у скупчення, ще не виникли.

Серед головних властивостей розсіяних скупчень — спільність походження зірок, що в них входять, приблизно однаковий вік і чітко виражений зв'язок між ними.

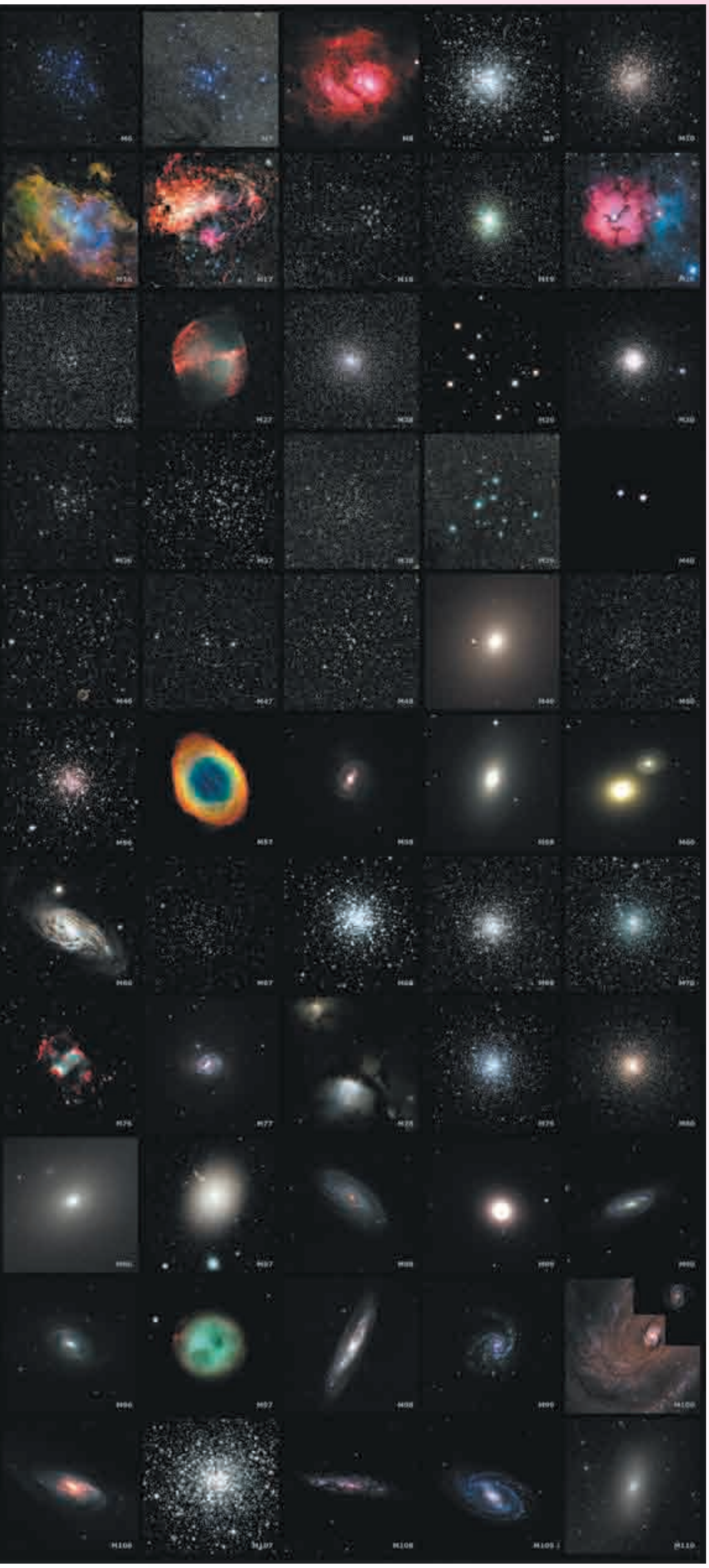
До складу нашої Галактики зірки розсіяних скупчень входять не кожна сама по собі, а як «колективний член». До речі, у них майже ніколи не зустрічаються «червоні» й «жовтогарячі гіганти», зате тільки там можна побачити рідкісні білі й блакитні надгіганти, що мають величезну температуру й світність.

Розсіяні скупчення розміщуються поблизу Чумацького Шляху, тобто в площині нашої Галактики, де найвища густина міжзоряної речовини й безупинно народжуються нові зірки.

СВІДКИ ІНШИХ ЧАСІВ

Скупчення іншого типу — кульові — виглядають зовсім інакше. Зовні вони нагадують рій комах, що летять до бажаної здобичі. Чим ближче до центра скупчення, тим більше й більше зірок. При спостереженні в телескоп виникає враження, що зірки в центральних областях кульових скупчень зливаються одна з одною, хоч насправді відстані між ними залишаються досить великими.

Усі зірки кульових скупчень мають вік, який можна порівняти з віком нашої Галактики — близько десяти мільярдів років. У складі речовини цих зірок немає важких елементів — вони склада-



Усі космічні об'єкти, що увійшли до «Каталогу Месьє», на одному малюнку

ються із суміші водню й гелію, що дає астрономам привід віднести їх до найстарших «мешканців» Чумацького Шляху. Про це ж свідчить і розташування кульових скупчень. Вони наче «зібрані» у півсфері, що має центром точку в сузір'ї Стрільця.

Спостерігаючи за кульовими скупченнями, американський астроном Х. Шеплі (1885—1972 рр.) припустив, що саме в напрямку сузір'я Стрільця розташований центр нашої Галактики, а кульові скупчення є найдавнішою її частиною, що виникла ще до того, як гігантська карусель Чумацького Шляху почала своє обертання. У такий спосіб Шеплі, подібно до того, як Коперник «позбавив» Землю центрального положення в Сонячній системі, позбавив Сонячну систему центрального положення в її галактиці.

ОБ'ЄКТИ НА «М»

Найбільші кульові скупчення, які доступні для спостереження навіть у найпростіший телескоп, містять у собі сотні тисяч зірок і носять імена М 13 (Геркулес), М 3 (Гончі Пси), М 10 (Змієносець), М 22 (Стрілець). Із назвами сузір'їв все ясно, але що це за загадкова буква «М»?

Справа в тому, що ще у 1781 р. чудовий французький астроном Шарль Месьє (1730—1817 рр.), зайнятий напруженими пошуками нових комет, переконався, що не тільки він, але й багато його колег роблять помилки, приймаючи за комети різні туманні об'єкти на небі. Щоб покінчити із цим, Месьє зробив величезну роботу, визначивши небесні координати всіх доступних астрономам того часу нерухомих туманних об'єктів і склавши їхній докладний каталог. Нині він відомий кожному астроному й любителю за назвою «Каталог Месьє», а всі об'єкти, що увійшли в нього, позначаються буквою «М» і порядковим номером, під яким учений включив їх у каталог.

У «Каталог Месьє» увійшло 110 небесних об'єктів Північної півкулі, причому властивості багатьох у той час не могли бути визначені. Тому тут по сусідству містяться галактики, галактичні й планетарні туманності, а також розсіяні й кульові зоряні скупчення.

ЦІКАВО

В астрономів-спостерігачів існує свого роду чемпіонат світу — його називають «Марафон Месьє». Суть його полягає в тому, щоб протягом однієї ночі відшукати на небі і провести спостереження за всіма 110 об'єктами з «Каталогу Месьє». При цьому можна користуватися тільки астрономічними інструментами без систем автоматичного наведення. Завдання не з легких.

ЗМІННІ ЗІРКИ

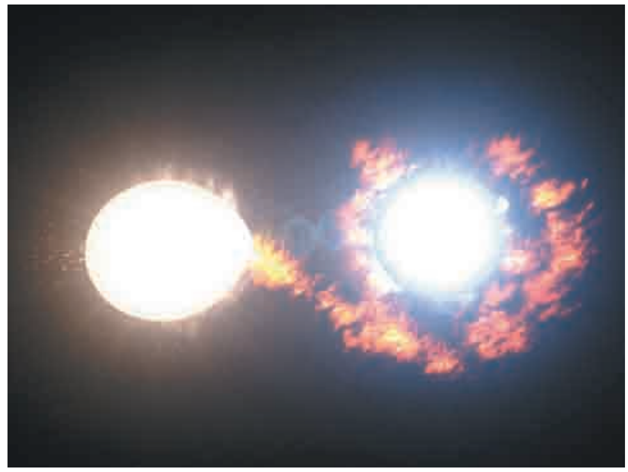
Будь-яку зірку можна назвати змінною — із часом її блиск і навіть колір міняються. Але ці зміни відбуваються настільки повільно, що ніякого людського життя не вистачить для того, щоб їх виявити. Недарма із глибокої давнини зоряне небо вважалося у багатьох народів головним символом незмінності й вічності.

Але і в зоряному світі, що здається постійним, чимало винятків. Це велика група зірок, чий блиск змінюється через порівняно короткі проміжки часу, і ці зміни можуть бути зареєстровані за допомогою астрономічних інструментів.

Змінними називають зірки, які хоча б один раз змінювали свою яскравість. Але більшість змінних міняє свій блиск періодично, і це свідчить, що на околицях такої зірки або в її надрах відбуваються незвичайні фізичні процеси.

Зміни блиску зірок не слід плутати з їхнім мерехтінням, що відбувається через рух мас повітря, що мають різну температуру, у земній атмосфері. При спостереженні з космосу зірки не мерехтять, і якщо вже вдається зареєструвати коливання їхньої яскравості — перед нами справжня змінна.

Змінна зірка V838 Моноцеротіс розташована біля краю галактики Чумацький Шлях на відстані близько 20 тис. світлових років від Сонця



Алголь А і Алголь В

ЗІРКА-ЧУДОВИСЬКО

У сузір'ї Персея є добре відома астрономам яскрава зірка другої величини Алголь. Це ім'я перекладається з арабської як «чудовисько», а в середньовічних зображеннях Персея ця зірка відігравала роль «ока» відрубаної голови Медузи Горгони. І недарма — давним-давно було помічено, що Алголь із періодичністю близько трьох земних діб раптово різко зменшує яскравість майже на 1,5 зоряної величини — тобто в три з половиною рази! Неможливо пояснити це явище властивостями самої зірки.

Лише в наші дні вдалося точно з'ясувати причину такого «підморгування». Алголь виявився надзвичайно тісною системою із двох зірок — Алголя А і Алголя В, відстань між якими в 16 разів менша за відстань від Землі до Сонця. Менш масивний Алголь В має більші розміри, ніж Алголь А, але блиск цього субгіганта набагато слабший, ніж у його партнера Алголя А — той є зіркою головної послідовності. Коли для земного спостерігача відбувається «затемнення» більш яскравої зірки менш яскравою, загальна кількість світла, що приходить від системи, стає значно меншою.

Такі змінні — а їх виявилося досить багато серед подвійних зірок — називають оптичними, або затемненими змінними.

ТАЄМНИЦЯ ДЕЛЬТИ ЦЕФЕЯ

Інша справа — зірки, що не є подвійними, однак періодично значно змінюють свій блиск. Очевидно, що справа тут не в характері руху зірки, а в складних процесах, що відбуваються в їхніх надрах. Першою з таких зірок, досліджених астрономами, була Дельта Цефея — вона змінює свій блиск за 5 днів і 9 годин на цілу зоряну величину.

ЦІКАВО

У 1922 р. видатний американський астроном Едвін Пауелл Хаббл виявив кілька цефеїд у туманності Андромеди і, використовуючи змінні зірки як еталон світності, обчислив відстань до них. Так уперше в історії астрономії було доведене існування космічних об'єктів за межами нашої зоряної системи — туманність Андромеди виявилася гігантською спіральною галактикою, віддаленою від Чумацького Шляху на 2,5 млн світлових років.

Дослідження спектра цієї зірки показали, що його лінії періодично зміщуються то в червону, то у фіолетову ділянку. У випадку з одиночною зіркою це означає, що її поверхня то стрімко віддаляється від спостерігача, то стрімко наближається до нього — зірка пульсує, збільшуючись і опадаючи, а заодно міняючи колір і температуру поверхні. Причому, якщо в мінімумі її діаметр дорівнює сорока діаметрам нашого Сонця, то в максимумі він збільшується відразу на чотири сонячні діаметри.

Що ж відбувається в надрах Дельти Цефея і подібних до неї зірок?

Астрофізикам вдалося побудувати теоретичну модель зірок такого типу. У надрах Дельти Цефея існує шар речовини з особливими властивостями, що наче накопичує енергію, яка виділяється в ядрі зірки. Коли кількість енергії в ньому досягає максимуму, шар миттєво віддає всю накопичену енергію «нагору».

Від такого «енергетичного удару» зовнішні шари зірки то розігріваються, то охолоджуються, відповідно стискуючись або розширюючись. При цьому в мінімумі блиску Дельта Цефея належить до того ж спектрального класу, що й наше Сонце, а в максимумі перетворюється на білу зірку з температурою поверхні значно вище 10 тис. градусів.

МАЯКИ ВСЕСВІТУ

На початку 20 століття американський астроном Генрієтта Лівітт (1868—1921 рр.), яка виявила близько 2400 змінних зірок, відкрила залежність між періодом зміни блиску змінних зірок та їхньою світністю: чим більший період, тим вища світність. Вимірявши період, відтепер можна було визначити світність, а знаючи її — виміряти відстань до зірки.

Так зірки, подібні до Дельти Цефея — їх назвали цефеїдами, — стали для астрономів свого роду маяками в мандрах Всесвітом. За ними дослідники можуть визначити відстані до тих зоряних систем, у яких перебувають змінні. А оскільки більшість цефеїд належить до класу жовтих надгігантів і виділяють багато енергії, їх можна помітити на величезних відстанях і навіть в інших галактиках.

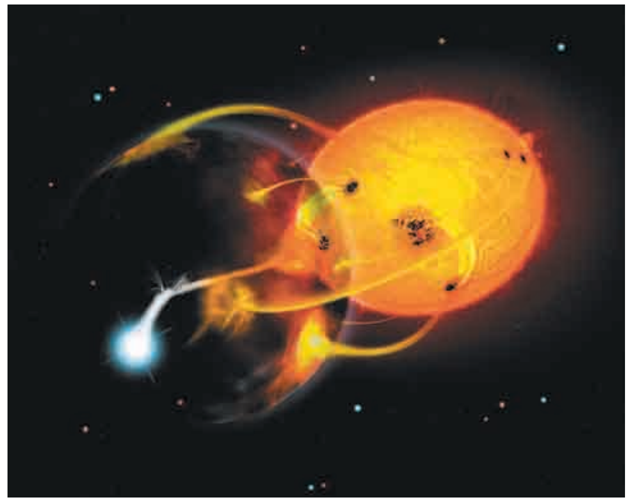
Існують також змінні зірки, що змінюють свій блиск без будь-яких видимих закономірностей — неправильні змінні, а цефеїдами виявляються навіть ті зірки, які ми звикли вважати звичайними і стабільними. Такою, наприклад, є знана всім Полярна зірка, — просто зміни в її блиску відбуваються не так очевидно, як в інших цефеїд.

Цефеїда в мінімумі й максимумі блиску

НОВІ Й НАДНОВІ

Справді, зміна блиску змінної зірки не завжди має періодичний характер. Іноді це просто раптовий спалах, стрімке збільшення світності зірки, але не на одну-дві зоряні величини, а в тисячі, десятки тисяч і навіть у мільйони разів. Такі зірки астрономи назвали новими й надновими — насамперед тому, що, на перший погляд, на місці яскравої зірки, яка знову з'явилася, раніше начебто нічого і не було. Лише після того, як у 20 столітті почалося регулярне фотографування великих ділянок зоряного неба за допомогою великих телескопів, виявилося, що на місці «нових» все-таки існували в минулому слабкі зірочки, які з якихось причин різко збільшили світність.

Спалахи нових зірок відбуваються нечасто. За 2200 років (від 532 р. до н.е. до 1690 р. н. е.) у китайських історичних хроніках згадується 90 спалахів. З моменту винаходу телескопа й до середини 19 століття європейські астрономи помітили всього 5 спалахів, але з другої половини 19 століття дослідники Всесвіту щорічно відкривали як мінімум одну нову або наднову зірку.



«Білий карлик» і зірка-донор

ПІДСТУПНІ КАРЛИКИ

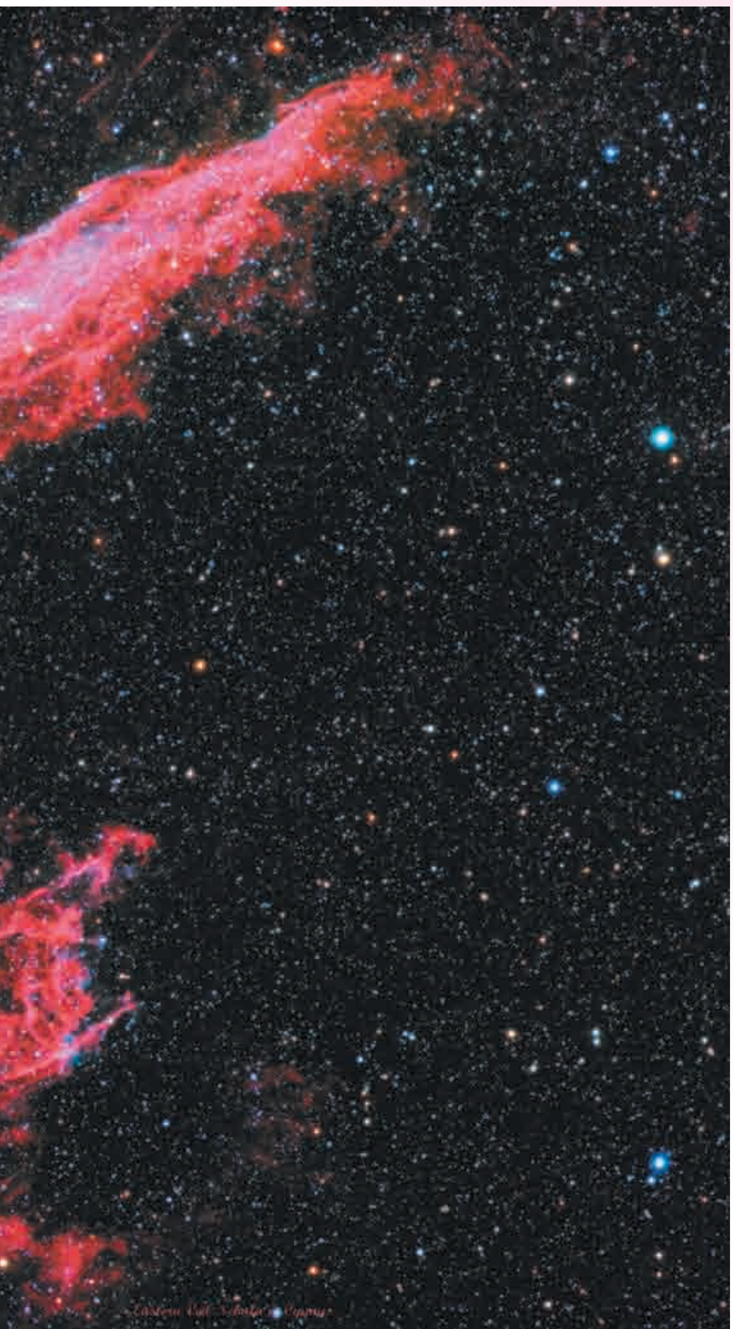
У 20 столітті астрономам вдалося з'ясувати, що всі нові зірки були членами подвійних систем, у які входить звичайна зірка сонячного типу або така, що досягла стадії «червоного гіганта» і надщільний «білий карлик», що діаметром разів у сто менший від Сонця. Ці пари дуже тісні, і приливні сили змушують газ із поверхні більшої зірки перетікати на поверхню «білого карлика».

Фактично, маля «краде» у свого більшого компаньйона паливо. На поверхні «Білого карлика» газ (майже чистий водень) опиняється в умовах надвисоких тисків і температур, що призводить до запуску термоядерних реакцій — таких самих, як у надрах Сонця. Але якщо в центрі зірки сонячного типу існує рівновага, на поверхні «білого карлика» ці реакції протікають бурхливо і носять характер гігантського вибуху. Вибух зриває з «Білого карлика» газову оболонку, якою той встиг себе огорнути, і змушує її стрімко розширюватися, багаторазово збільшуючи його світність. Однак щільність цієї оболонки маляти настільки мала, що вона не заподіює ніякої шкоди зірці-компаньйону, і коли в системі встановлюється спокій, вона продовжує постачати «білого карлика» термоядерним «пальним». Усе повторюється — через кілька сотень років «білий карлик»

ЦІКАВО

Після Великого Вибуху Всесвіт був заповнений тільки легкими елементами — воднем і гелієм. Усі інші хімічні елементи утворилися тільки в процесі горіння зірок, а найважчі з них — ті, що стоять у таблиці Менделєєва після заліза й нікелю, — при вибухах наднових. Це означає, що і наша планета, і ми з вами складаємося з речовини, що утворилася у надрах древніх гігантських світил і була викинута у Всесвіт під час вибухів наднових.

Туманність Рибальська Сіть у сузір'ї Лебедя — залишок вибуху наднової. Її відкрив ще у 1784 р. В. Гершель



знову встигає накопичити запас водню для нового спалаху.

ТІ, ЩО ТВОРЯТЬ КАТАСТРОФИ

Ще більш грізне і вражаюче видовище — спалахи наднових. При цьому за лічені секунди виділяється величезна енергія, що дорівнює всій енергії Сонця, випроміненій за кілька мільярдів років. Спалахи наднових трапляються ще рідше, ніж спалахи нових, причому не тільки в нашій Галактиці, але й у сусідніх. Відносно близькі наднові — як, наприклад, та, що спалахнула у 1054 р., були видимі навіть на денному небі — це засвідчили середньовічні історики.

Що ж призводить до таких грандіозних космічних катастроф? Причина вибухів наднових — утрата стійкості дуже масивними зірками наприкінці їхнього життя. Відбувається це приблизно так. Довгострокові термоядерні реакції, що йдуть у надрах зірки-гіганта призводять до того, що її внутрішні області насичуються важкими елементами. Зірка поступово стискується, а температура в її центрі зростає. При цьому термоядерні реакції тривають тільки в шарі, що оточує центральне ядро — там, де ще залишилося паливо для них. Центральне ядро стискується все сильніше, і зрештою, в ньому починаються реакції нейтронізації — протони починають поглинати електрони, перетворюючись на нейтрони. При цьому швидко втрачається енергія, навколо ядра утворюється зона розрідженої речовини, оболонка зірки спрямовується до її центра — вона немов провалюється «сама в себе». Досягши щільного ядра, оболонка наче «відскакує» від нього, утворюється гігантська ударна хвиля, що і зриває із зірки, що гине, оболонку, і запускає в ній термоядерні реакції. Отут-то й відбувається вибух.

Астрономи вважають, що утворенням наднових закінчується життя всіх зірок, маса яких перевищує 8—10 мас Сонця. Після вибуху залишається надщільна крихітна нейтронна зірка, а залишки оболонки наднової утворюють газову туманність, що розширюється.

У 1987 р. відбувся спалах наднової у найближчому сусіді нашої Галактики — Великій Магеллановій Хмарі. Уперше в історії науки вчені одержали можливість спостерігати з використанням найсучасніших приладів і апаратури цей процес у всіх діапазонах — від видимого світла до рентгенівського, гамма- і нейтринного випромінювання. Сьогодні на місці космічної катастрофи можна бачити лише газову туманність вигадливої форми, що продовжує розширюватися й міняти обриси.

У ФІНАЛІ — «ЧОРНИЙ КАРЛИК»

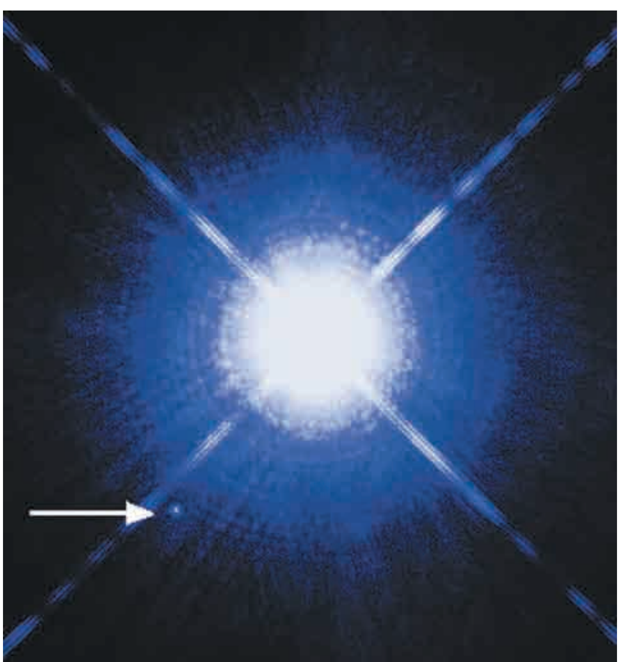
Коли дослідження подвійних зірок ще тільки починалося, головним об'єктом уваги астрономів стала система Сіріуса — подвійна зірка Сіріус А і Сіріус Б. Одна найяскравіших на земному небі і розташована «зовсім поряд» — на відстані 8,8 світлового року від Сонячної системи.

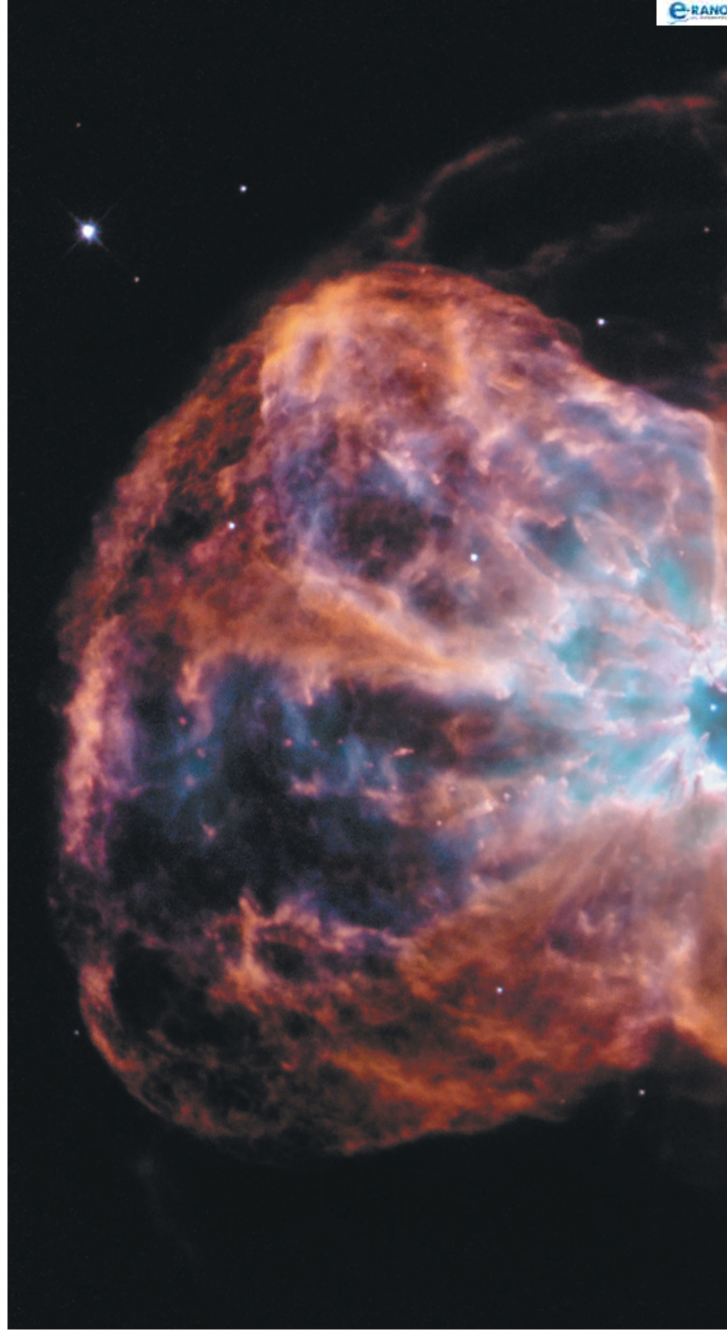
Дослідникам вдалося визначити маси обох зірок. «блакитний гігант» Сіріус А виявився в 2,3 разу масивнішим від Сонця, що цілком природно, але яким же був подив учених, коли з'ясувалося, що крихітний компаньйон Сіріуса А, тьмяна зірочка, за розміром трохи більша від нашої Землі, має масу, що дорівнює сонячній. Це означало, що речовина, з якої складається крихітна супутниця блискучого Сіріуса А, має щільність у кілька мільйонів разів більшу від щільності води — кожний її кубічний сантиметр важить близько 100 кг!

Речовину, з якої складаються «білі карлики», учені називають виродженим газом. Це особливий вид матерії, оболонки атомів якої руйнуються, а елементарні частки під впливом величезних тисків набагато щільніше «упаковуються» у просторі, ніж звичайна матерія, що складається з атомів і молекул.

Велика маса і малий радіус цих небесних тіл роблять дуже високим прискорення сили тяжіння на них. Тяжіння на «білих карликах» таке велике, що навіть фотони випромінюваного ними світла втрачають енергію і стають більш «червоними» — усі лінії спектра «білих карликів» дещо зміщені в червоний бік.

Сіріус А і Сіріус Б





«Білий карлик» у центрі планетарної туманності

З ОСТАННІХ СИЛ

Жодна зірка не народжується «білим карликом» — такими вони стають, пройшовши довгий шлях зоряної еволюції. Але мова йде не про всі зірки, а лише про світила середньої й малої маси — тобто ті, чия маса менша від 3—4 мас Сонця. Більшу частину життя ці зірки проводять на головній послідовності. Саме там вони спалюють більшу частину водню, необхідного для підтримки термоядерних реакцій.

Після того як у центральних областях зірки вигорить весь водень, її ядро починає стискуватися й розігріватися. Ущільнюючись, речовина пере-

ходить у стан виродженого газу. При цьому зовнішні шари світила розширюються, температура поверхні падає, і воно стає «червоним гігантом», усередині якого вже «сидить» крихітний «білий карлик». Величезна оболонка зірки занадто розріджена, щоб у ній могли відбуватися ядерні реакції, і слабко пов'язана з ядром, тому зрештою вона скидається і розсіюється в навколишньому просторі. На місці колишнього «червоного гіганта» залишається дуже щільна, гаряча й маленька зірка, що складається в основному з гелію, фактично — ядро колишньої зірки. А оболонка зірки перетворюється на планетарну туманність — у телескоп її видно як світне кілечко навколо невеликої зірочки.

Стабільно існувати «білий карлик» може тільки в тому випадку, якщо його маса не перевищує межі, установленої індійським астрономом Субраманьяном Чандрасекаром — вона дорівнює 1,44 маси Сонця. Якщо поряд із карликом є зірка звичайного типу, починається акреція її речовини на поверхню «білого карлика», і як тільки межа Чандрасекара виявляється подоланою, відбувається вибух — на короткий час спалахує нова зірка.

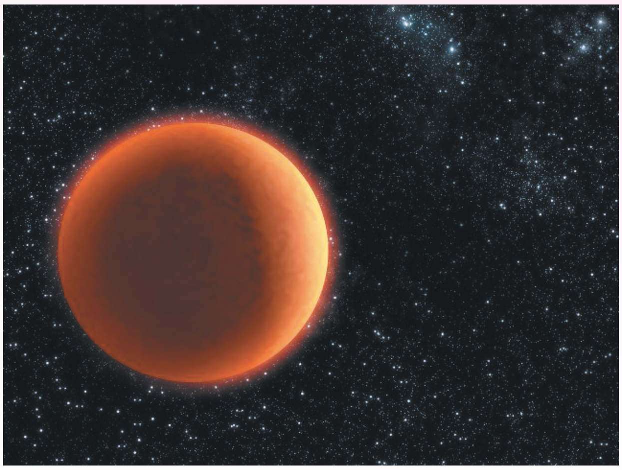
САМОТНІСТЬ У ПОРОЖНЕЧІ

Якщо ж «білий карлик» опиняється «на самоті», його долю вирішено. Спочатку температура поверхні зірки досягає 10—12 тис. градусів. Саме тому карлик і виглядає білим, а на діаграмі Герцшпрунга — Ресселла розміщується в лівій її частині внизу, тому що загальна кількість енергії, яку він випускає, дуже невелика. Палива в нього практично немає, а коли закінчуються запаси гелію, що підтримують деякі види ядерних реакцій, «білий карлик» продовжує існувати тільки за рахунок накопичених у речовині зірки запасів енергії, поступово охолоджуючись.

Помалу випромінювання «білого карлика» у видимому діапазоні зменшується, зупиняються ядерні реакції, і невелика, але поки ще примітна зірочка втрачає блиск, температура її поверхні падає, і він перетворюється спочатку на коричневий, а потім і на «чорний карлик» — тьмяна куля виродженого газу, що залишається в стані гідростатичної рівноваги.

Правда, процес цей триває неймовірно довго. Так, астрономи підрахували, що «білі карлики», що утворилися в ході еволюції зірок першого покоління приблизно 13 млрд років тому, зараз повинні мати температуру поверхні близько 3 тис. градусів. Відгорівши, тьмяні ядра колишніх зірок можуть існувати протягом багатьох мільярдів років, зберігаючи стабільність. Вони майже невидимі, і виявити їх за допомогою оптичних приладів майже неможливо.

«Коричневий карлик»



НЕЙТРОННІ ЗІРКИ

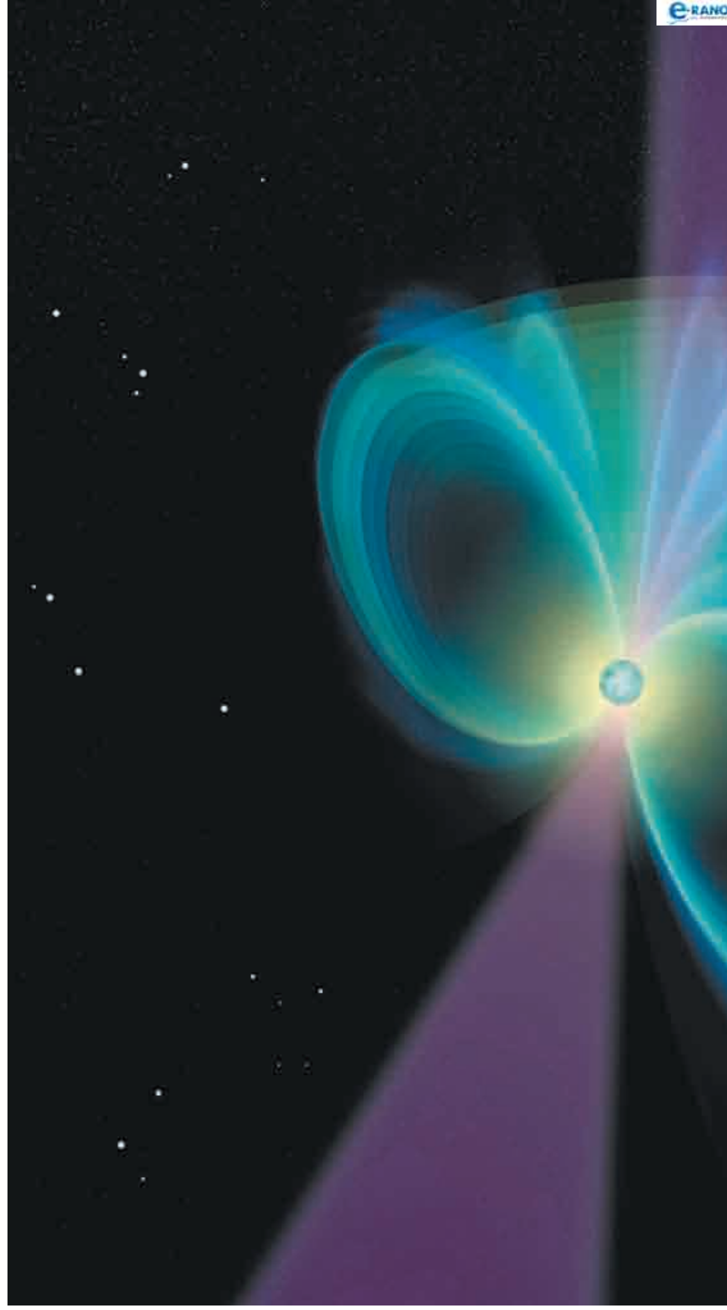
Їхнє існування було передбачено за багато років до того, як можливості астрономії дозволили виявити у Всесвіті ці незвичайні об'єкти з унікальними властивостями. На початку 30-х років минулого століття, незабаром після того як була розшифрована будова атомного ядра й експериментально доведене існування «важких» часток — нейтронів, що не несуть електричного заряду, видатний фізик Лев Ландау (1908—1968 рр.) теоретично довів, що не виключене виявлення і великих стабільних об'єктів, що в основному складаються з нейтронів, — нейтронних зірок.

А в 1933 р. німецькі астрофізики Вальтер Бааде і Фріц Цвіккі висловили припущення, що нейтронна зірка може утворитися в результаті вибуху наднової. Але перші ознаки існування цих загадкових небесних тіл були виявлені лише в 1967 р. — для цього знадобилося, щоб радіоастрономія у своєму розвитку досягла серйозних успіхів.

ЩО ХОВАЛОСЯ ЗА ПУЛЬСАРАМИ

Відкриття нейтронних зірок було повною несподіванкою, адже розрахунки показували, що їхня світність незначна, а розміри не перевищують 10—30 км (діаметр рядового астероїда в Сонячній системі). У 1967 р. британські радіоастрономи під керівництвом Е. Хьюїша досліджували мерехтливі джерела радіовипромінювання в різних ділянках неба і раптово зіткнулися з дуже дивними випромінюючими об'єктами, які посилали потужні радіоімпульси через строго визначені невеликі проміжки часу — соті й навіть тисячні частки секунди.

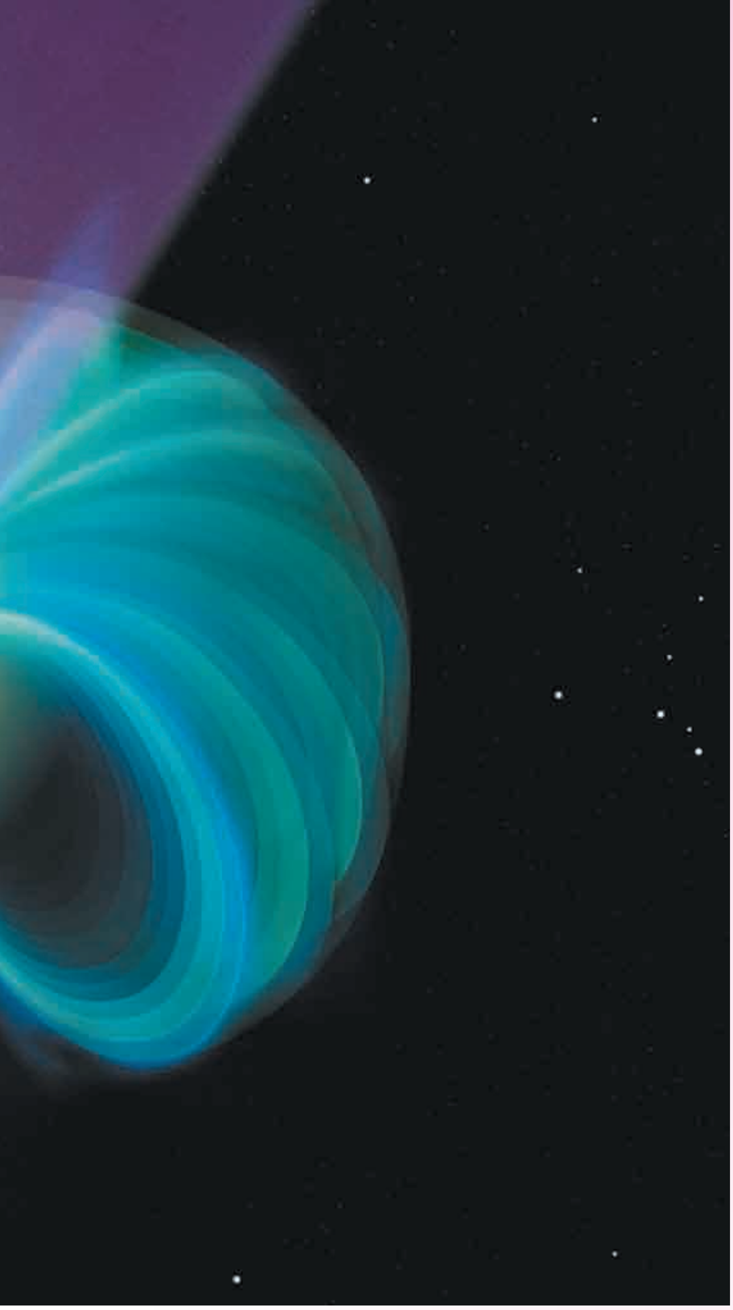
Пульсар. Зображення отримане за допомогою космічного телескопа «Чандра»



Силові лінії потужного магнітного поля, що оточує нейтронну зірку

Причому проміжки між двома імпульсами ніколи не перевищували восьми секунд. Імпульси були настільки регулярними, що у вчених навіть виникло припущення, що їм вдалося зафіксувати сигнали позаземних цивілізацій. Однак незабаром по всьому небу знайшлося кілька сотень подібних джерел радіовипромінювання, а їхнє природне походження більше не викликало сумніву. Миготливі «радіомаяки» назвали пульсарами.

Однак їхня природа залишалася загадкою — сигнали, як здавалося, виникають прямо в міжзоряній порожнечі й не пов'язані ні з якими великими об'єктами — зірками або туманностями. Здивування дослідників розсіялося, коли один із пульсарів вдалося ототожнити зі слабкою зірочкою в центрі Крабоподібної туманності — залишком від вибуху наднової зірки, що стався у 1054 р. Спостереження показали, що зірка міняє свою



яскравість, а також випромінювання в рентгенівському й гамма-діапазоні з такою самою частотою, як і радіовипромінювання. Однак реальні властивості нейтронних зірок усе ще залишалися загадкою.

ГРАВІТАЦІЙНИЙ КОЛАПС

От тут дослідники й згадали про явище гравітаційного колапсу, яке теоретично описали Бааде й Цвіккі. Це не що інше, як катастрофічне стиснення масивної зірки, подібне до того, що відбувається при утворенні «білих карликів». Але якщо «білі карлики» утворюються із «постарілих» зірок із невеликою масою, у випадку з масивними зірками справа не обмежується утворенням у ядрі світила виродженого газу. В умовах надгігантських тисків і температур стиснення зачіпає не тільки атоми, але й частки, з яких складаються ці атоми. Практично всі частки перетворюються в електрично нейтральні нейтрони, які можуть розташовуватися дуже близько один від одного, буквально «пліч-о-пліч». При цьому густина речовини зростає в тисячі разів навіть у порівнянні з «Білими карликами» — зірка, що має масу як 20 сонячних, «запаковується» в об'єм кулі діаметром 10—15 км!

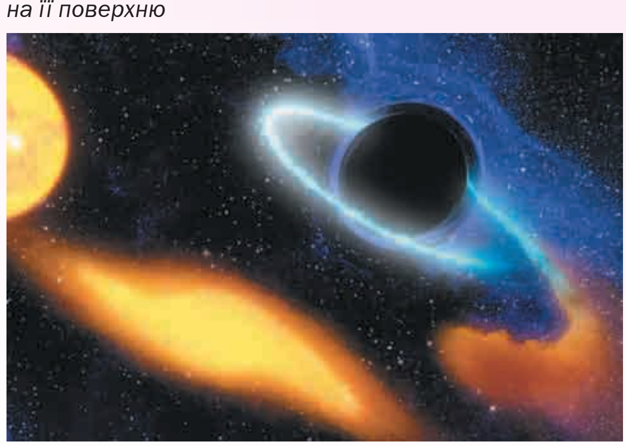
РАЙ ДЛЯ ФІЗИКА

Неважко уявити, що таке космічне тіло може мати набір властивостей, які здатні привести в захват будь-якого вченого-фізика. Адже одержати їх навіть у найсучаснішій лабораторії практично неможливо. У надрах нейтронної зірки повинні спостерігатися такі явища й властивості матерії, як надтекучість, надпровідність, надсильні магнітні поля, нейтринне випромінювання, особливі ефекти, пов'язані з теорією відносності. У них можуть існувати недоступні дослідникам форми матерії — рідини, що складаються винятково з елементарних часток, кваркова речовина й багато чого іншого. Щільність нейтронних зірок досягає 1014 г на кубічний сантиметр, а потужність їхнього магнітного поля в мільярди разів перевищує потужність магнітного поля Землі.

При цьому нейтронні зірки стрімко обертаються, чим і пояснюється виникнення радіовипромінювання величезної потужності. Воно виривається потужними потоками з ділянок магнітних полюсів «дивної» зірки, але оскільки магнітні полюси не лежать на осі обертання, струмінь випромінювання описує в навколишньому просторі конус. Якщо цей конус у своєму русі «зачіпає» Землю, радіотелескопи фіксують пульсар.

Якщо в стані гравітаційного колапсу опиниться зірка з масою більшою від тієї, котра є граничною для нейтронної зірки, то вона не зможе зупинитися на стадії нейтронної зірки, і стиснення буде тривати доти, доки речовина не досягне ще більш дивовижного стану — зірка перетвориться на «чорну діру».

«Чорна діра», оточена диском гарячої плазми, що падає на її поверхню



НЕПОРОЖНЯ ПОРОЖНЕЧА

Здавна вважалося, що простір між світилами нічим не заповнений — інакше як би ми могли бачити зірки, що розташовані за сотні тисяч світлових років від Землі? Коли ж у 19 столітті була створена теорія електромагнітного поля, деякі фізики почали висловлювати припущення, що простір Всесвіту заповнений якоюсь субстанцією, що служить для передачі хвиль різних типів — невидимим світлоносним ефіром.

Але вже на початку 20 століття з'ясувалося, що насправді все інакше. Міжзоряний простір виявився не абсолютною порожнечею і не вмістилищем світлоносного ефіру. Його заповнювала речовина, але настільки розріджена, що вакуум у нашій звичайній лампі розжарювання міг би здатися дуже щільним середовищем, міжзоряні магнітні поля, космічні промені. Відтепер мова йшла вже не про міжзоряний простір, а про міжзоряне середовище, середня щільність якого, як з'ясувалося, становить від одного до тисячі атомів у кубічному сантиметрі. Для порівняння: у кубічному сантиметрі повітря при атмосферному тиску міститься 2,7 х 1019 молекул різних газів.

МЕРЕХТЛИВА ТЕМРЯВА

Наявність міжзоряної речовини можна встановити за допомогою звичайних спостережень. На тлі світлої смуги Чумацького Шляху добре помітні темні провали — їх називають «вугільні мішки». Це непрозорі ділянки простору, крізь які неможливо побачити, які об'єкти є за ними. Дослідження показали, що це щільні хмари холодного міжзоряного пилу, маса якого в нашій Галактиці складає близько одного відсотка від усієї маси міжзоряної речовини.

Головну роль у міжзоряному просторі відіграє водень. Саме він утворює хмари, що поглинають світло від віддалених об'єктів у Всесвіті. Властивості водню такі, що він поглинає насамперед блакитне світло, у результаті чого далекі світила здаються більш «червоними». Водень також утворює світні туманності навколо гарячих зірок, від чого в телескоп вони здаються оточеними ореолом, і газопилові туманності на околицях більш холодних зірок, що мають властивість відбивати видиме світло. Пізніше вченими було виявлено інфрачервоне випромінювання міжзоряного пилу, радіовипромінювання розрідженого водню на хвилі завдовжки 21 см і слабке рентгенівське випромінювання гарячого міжзоряного газу.

СВІТЛО В БОРГ

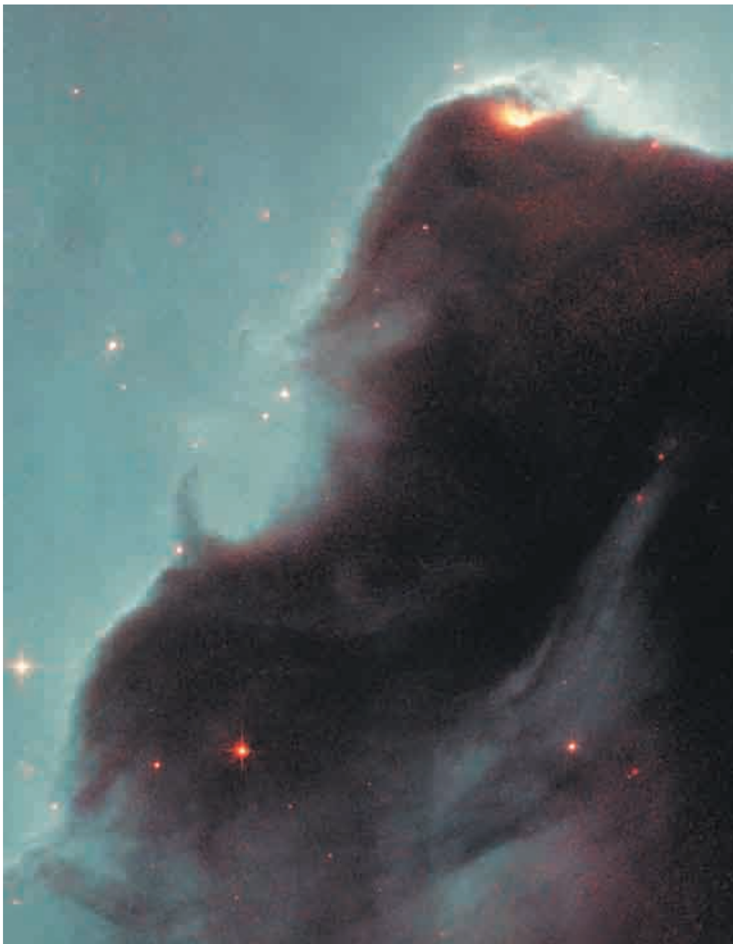
За певних умов і сам міжзоряний газ починає світитися. Це відбувається в тих випадках, коли поряд із газовими хмарами є джерела потужного випромінювання, насамперед ультрафіолетового, — молоді і гарячі зірки. Так виникають світлі туманності з температурою газу близько 10 тис. градусів. Атоми газу поглинають кванти жорсткого ультрафіолету й перевипромінюють їх у видимому спектрі.

Але найгарячіші газові хмари виникають при спалахах наднових. І хоча такий газ дуже розріджений, його температура може становити мільйони градусів. Астрономи називають його «корональним», тому що вперше він був виявлений у сонячній короні поблизу нашої зірки.

КРІЗЬ ПРОСТІР І ЧАС

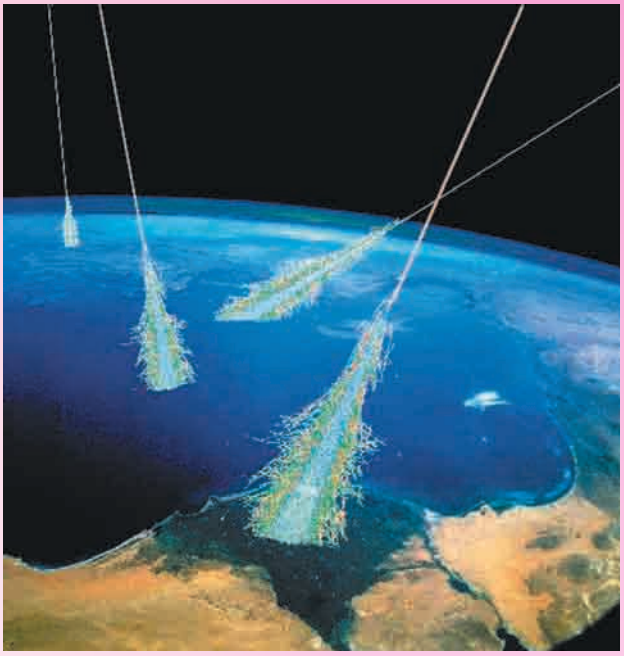
У 1912 р. австрійський фізик Віктор Гесс (1883—1964 рр.) виявив існування космічних променів — заряджених часток, що мають високу енергію, які пронизують Всесвіт у всіх напрямках і «бомбардують» Землю з космосу. Це дозволило вченим припустити, що міжзоряний простір заповнений не тільки атомами деяких елементів, але й вільними електронами та іонами.

Космічні промені, взаємодіючи з магнітними полями, що пронизують космічний простір, по-



роджують радіохвилі — приблизно так, як це відбувається в лабораторних установках для вивчення заряджених часток — синхротронів. Тому це космічне випромінювання назвали синхротронним. Міжзоряні магнітні поля в сотні тисяч разів слабші від магнітного поля Землі, однак вони беруть помітну участь в утворенні холодних газопилових хмар — тих самих, з яких згодом народжуються молоді зірки.

Вторгаючись в атмосферу Землі, швидкі й високоенергетичні космічні промені зіштовхуються з ядрами атомів атмосфери і породжують зливи вторинних елементарних часток. Але лише в найрідкісніших випадках їм вдається досягти поверхні планети — атмосфера і в цьому випадку служить для всього живого надійним щитом.



Зливи часток в атмосфері, що викликаються високоенергетичними космічними променями з глибин нашої Галактики

ЯК ВИНИКАЄ МІЖЗОРЯНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

Міжзоряне середовище не може існувати окремо й незалежно від зірок. Протягом всього свого життя зірки випускають зоряний вітер (такий самий, як сонячний вітер у нашій Сонячній системі), що несе в простір частки атмосфери зірки. А наприкінці життя зірки з неї скидається оболонка, що додає в міжзоряне середовище важкі елементи, які виникли в результаті ядерних реакцій. У нашій Галактиці відбувається постійний кругообіг — перетворення міжзоряних газу й пилу в зірки і викидання зірками нових газопилових мас. Народження будь-якої нової зірки наче підштовхує процеси, що відбуваються в сусідніх газопилових хмарах, прискорюючи утворення нових зірок «ланцюжком».

Темна туманність у сузір'ї Оріона

Особливу роль відіграють «червоні гіганти» — у їхніх оболонках, що остигають, народжується космічний пил із високим вмістом вуглецю — «зоряна кіптява», яку зірка періодично «струшує» із себе, в оточуючий міжзоряний простір. Саме так у Всесвіті з'явилася більша частина вуглецю, необхідного для синтезу молекул органічних речовин.

ЦІКАВО

Наша Сонячна система в цей час рухається через гігантське скупчення розрідженого газу, яке астрономи називають Місцевою міжзоряною хмарою. Його розміри досягають близько 30 світлових років. Сонячна система поринула в його надра близько 100 тис. років тому і буде залишатися в ньому ще протягом декількох тисячоліть. Температура газу в хмарі майже дорівнює температурі поверхні Сонця — 6 тис. градусів, але Землі ніщо не загрожує — у десяти кубічних сантиметрах Місцевої міжзоряної хмари міститься всього один атом водню! І яким би «розпеченим» цей атом не був, ніяким чином він не спроможний вплинути на температуру земної атмосфери.

ЯК ВЛАШТОВАНИЙ ЧУМАЦЬКИЙ ШЛЯХ

Галактика Молочний (Чумацький) Шлях, або просто галактика, — гігантська зоряна структура, у якій перебуває Сонячна система, усі видимі неозброєним оком окремі зірки, а також величезна кількість зірок, що зливаються разом і спостерігаються у вигляді «молочного шляху».

Розумінню того, як влаштована та чи інша система, часто сприяє погляд зі сторони. Однак ми такої можливості позбавлені: за межі Чумацького Шляху людству, принаймні в найближчому майбутньому, вибратися не вдасться. Залишається вести спостереження, аналізувати й порівнювати нашу Галактику з подібними до неї. Зокрема, з величезною Галактикою Андромеди, що, за всесвітніми масштабами, розташована зовсім недалеко — за два з половиною мільйони світлових років.

Але для того, щоб порівнювати, варто переконатися, що подібність і справді існує.

Чумацький Шлях на нічному небі нашої планети

ЦІКАВО

Кілька мільярдів років тому в галактиці Чумацький Шлях було набагато більше міжзоряної речовини (в основному, водню й гелію), ніж зараз. Ця речовина була витрачена й продовжує витрачатися на утворення зірок. Якщо так піде й далі, то запасів речовини перестане вистачати, і процес зоретворення сповільниться. Уже зараз нові зірки народжуються майже виключно в рукавах галактики. Можливо, у неозоро далекому майбутньому наша зоряна система поступово згасне.

ДИСК І ЯДРО: ДОКАЗИ

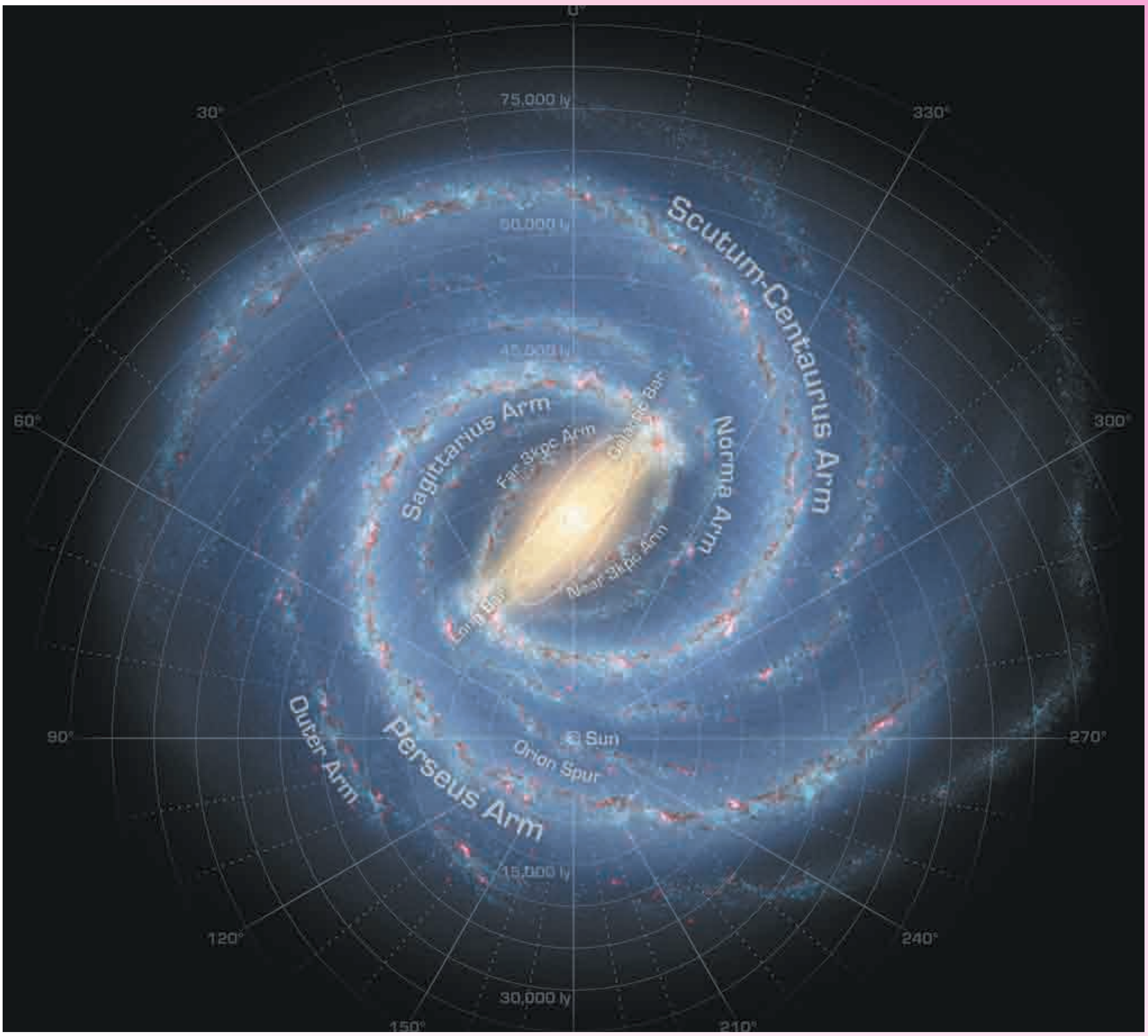
Світла смуга Чумацького Шляху кільцем охоплює всю небесну сферу, що видима із Землі. Сонце рік у рік проходить той самий пояс зодіакальних сузір'їв, що утворюють на небі якесь стійке коло. Це відбувається тому, що орбіта Землі лежить у певній площині. Звідси можна зробити висновок, що й Чумацький Шлях також відповідає якійсь площині. Коли за допомогою потужних телескопів вдалося «розділити» «зоряний туман» Чумацького Шляху на окремі світила, з'ясувалося, що це і є та площина, у якій тісниться основна маса «населення» нашого зоряного острова — галактики. Навіть без підрахунків стає очевидним, як рідіють слабкі зірки в міру віддалення від Чумацького Шляху.

Глянувши на сусідні галактики, можна побачити, що і в них зірки зосереджені поблизу однієї площини і утворюють разом із міжзоряним газом і пилом опуклий диск. У цьому диску також розташовуються і розсіяні зоряні скупчення.

Однак диском справа не обмежується. Дослідження галактики Андромеди показало, що в неї є ще одна складова — набагато менш яскрава й не пов'язана із площиною головного диска. Ця структура простирається в усі боки від центра, тому астрономи назвали її «сферичною складовою». Коли ж дослідники зайнялися пошуками чогось подібного «на власному городі», з'ясувалося, що в нашій Галактиці це кульові зоряні скупчення. Більшість із них зібрані в тій половині небесної сфери, де розташоване сузір'я Стрільця, і це означає, що саме в тому напрямку розташований центр галактики Чумацький Шлях.

ВІД ОКРАЇН ДО ЦЕНТРА

Астрономи вважають, що середній діаметр нашої Галактики становить 100 тис. світлових років, а число зірок, що входять до неї, досягає 200 млрд. Зовнішні кордони галактики утворюють гало — майже невидиму складову, в яку входить гарячий газ, окремі зірки й кульові скупчення, що



Комп'ютерна модель нашої Галактики

складаються із найстарших зірок, чий вік можна співставити з віком самої галактики — близько 12 млрд років. Усередині гало навколо того ж центра обертається галактичний диск. Мільярди зірок, що входять у нього, більш молоді, тут багато газопилових хмар, у яких ідуть процеси народження нових зірок, а склад речовини набагато багатший на важкі елементи, ніж у гало.

У центрі перебуває ядро, зірки якого утворюють «потовщення» у галактичному диску — астрономи називають його «балдж». Щільність зоряного населення тут максимальна, і якби наша Земля була в цій області, на нічному небі виблискували б десятки зірок, що не поступаються за яскравістю повному Місяцю. Крім того, у центрі Галактики розташовується надмасивна «чорна діра», притягання якої змушує зірки в цій області рухатися по незвичайних траєкторіях.

РУХАЮЧИСЬ ПО СПІРАЛІ

Більшість небесних тіл об'єднуються в системи, що обертаються. Так, Місяць обертається навколо Землі, супутники планет-гігантів утворюють власні вигадливі й складні світи. На більш високому рівні Земля та інші планети обертаються навколо Сонця. Так і Галактика з її мільярдами зірок утворює складну систему, що обертається навколо спільного центра, у якій речовина розподіляється за особливими законами.

Усі галактики, схожі на нашу, мають спіральну структуру — у площині їхнього диска чітко виділяються спірально закручені ущільнення, які називають «рукавами». У нас їх п'ять — Рукав Лебедя, Рукав Оріона, Рукав Персея, Рукав Стрільця і Рукав Центавра.

МОЗОК У ЦЕНТРІ ВСЕСВІТУ

Така вже властивість людського розуму — людина з найдавніших часів вважала свою планету центром Всесвіту. Усвідомлюючи себе істотою головною, більш досконалою, ніж інші, виділеною із тваринного світу природою й богами, вона думала, що й місце перебування їй дісталося абсолютно виняткове.

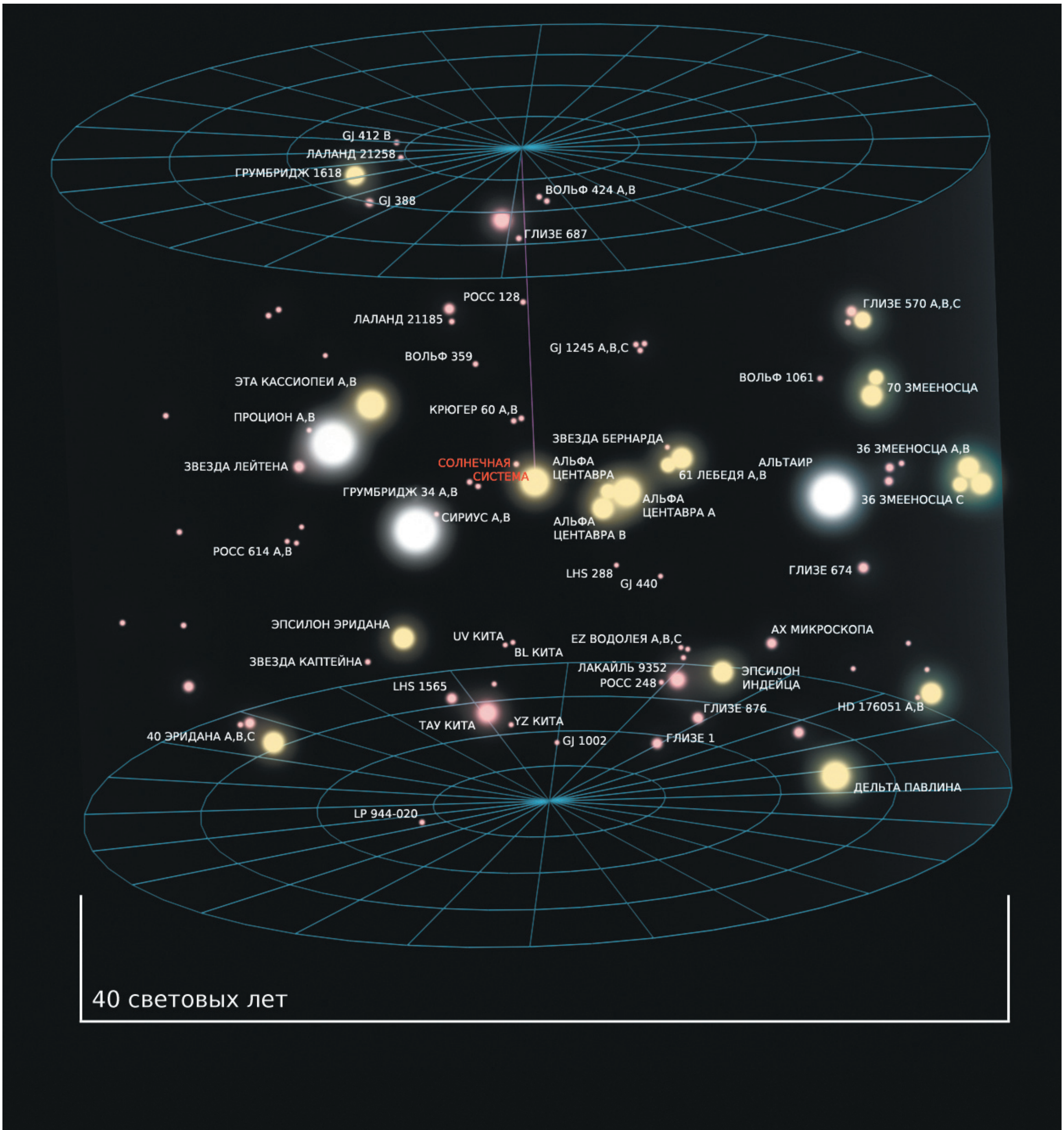
У точній відповідності з такими поглядами були створені й перші системи світобудови — із Землею в центрі та іншими світилами, що слухняно обертаються навколо неї.

Однак уже в 16 столітті гординя наших предків похитнулася — перші ж науково обґрунтовані побудови, зокрема, система Коперника, дощенту розбили умоглядні конструкції античних астрономів. Земля втратила своє чільне положення і перетворилася на одну з численних планет Сонячної системи.

Однак марнославні розумники не втрачали надії. З Землею не вийшло, то може хоч наше Сонце виявиться зіркою, що не має собі рівних у Всесвіті?

На жаль, і ці припущення не виправдалися. Сонце виявилося рядовою зіркою із числа самих найскромніших і найнепримітніших.

Найближчі зірки — сусіди Сонця



«СТОЛИЦЯ» І «ГЛУШИНА»

Приблизно так мінялися уявлення про фізичне положення людства у великому світі, поступово переходячи з області філософських і релігійних умовиводів у сферу точних наук. Залишався єдиний шанс: уже в нашій-то зоряній системі ми напевно перебуваємо в найвигіднішому і відособленому положенні — у центрі. Є докази, досить поглянути на зоряне небо: інтенсивність світіння Чумацького Шляху практично однакова у всіх напрямках.

Але і тут оптимістів очікувало розчарування. Зі спостережень астрономів з'ясувалося, що значна частина видимого випромінювання нашої галактики поглинається пилом, що зосереджений приблизно в тій же області, де перебуває й Сонячна система, тобто в площині галактики, тому судити про її справжню яскравість не доводиться. Зате розподіл добре видимих кульових зоряних скупчень виявився далеко не симетричним. Це ясно свідчило про те, що наше місце — зовсім не в центрі галактики.

Найсучасніші виміри показали, що відстань від Сонця до центра галактики становить 27,7 тис. світлових років. Сонце розташоване на окраїні рукава Оріона, і при діаметрі галактичного диска у 100 тис. світлових років це становить приблизно половину його радіуса, тобто і не «столиця», і не найвіддаленіша «окраїна». Сонячна система розташована майже точно на екваторіальній площині нашої Галактики.

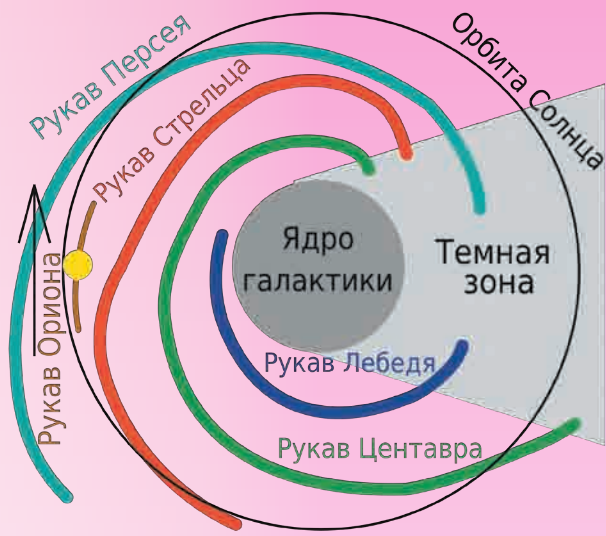
ПРОГУЛЯНКИ ПО КОЛУ

Диск галактики неквапливо обертається навколо осі, перпендикулярної до її площини. Однак цей рух не варто порівнювати з обертанням твердого тіла — наприклад, колеса. Зірки, розташовані на різних відстанях від центра галактики, мають різні кутові швидкості — чим далі зірка, тим кутова швидкість менша.

Наше Сонце разом зі своїми планетами робить один оберт навколо центра за 226 млн років — тобто за увесь час існування Сонячної системи вона не встигла зробити і тридцяти обертів.

При такому русі спіральні рукави галактики повинні були б незабаром розпастися — адже зірки, розташовані ближче до центра, будуть описувати кола набагато швидше за віддалені, і рукави почнуть наче «намотуватися» на вісь обертання. Однак нічого подібного не відбувається: спіралі рукавів обертаються як єдине ціле, зберігаючи всюди однакову кутову швидкість.

Це явище ще не має повного пояснення. Дослідники вважають, що рукави не мають постійного складу зірок, це свого роду «хвилі щільності», у які одні зірки входять, а інші їх залишають. Там



Структура й обертання нашої Галактики

найбільш висока енергетична активність, там відбуваються процеси народження зірок, найчастіше спалахують наднові і з'являються джерела надпотужного рентгенівського й гамма-випромінювання.

ГАЛАКТИЧНІ «ПРИВІЛЕЇ»

Місце розташування Сонячної системи в галактиці — одна з найважливіших обставин, завдяки яким виникло життя на Землі. Сонце розташоване приблизно між двома спіральними рукавами і потрапляє в них надзвичайно рідко. Це одне з найспокійніших і найбезпечніших місць у всій зоряній системі. І таке положення зберігається протягом надзвичайно довгого часу, тоді як потрапляння в один із головних рукавів загрожує зближенням із надзвичайно небезпечними надновими, чиє випромінювання могло б за лічені секунди згубити все живе на планеті.

Велика удача і в тому, що Сонячна система перебуває на значній відстані від галактичного центра, буквально переповненого масивними зірками. Опинись вона там, гравітаційні збурення від цих зірок могли б вплинути на хмару Оорта і направити усередину Сонячної системи по найвигадливіших орбітах сотні тисяч комет, викликавши катастрофічні зіткнення з планетами. Потужне рентгенівське випромінювання галактичного центра також могло б негативно вплинути на розвиток високоорганізованого життя.

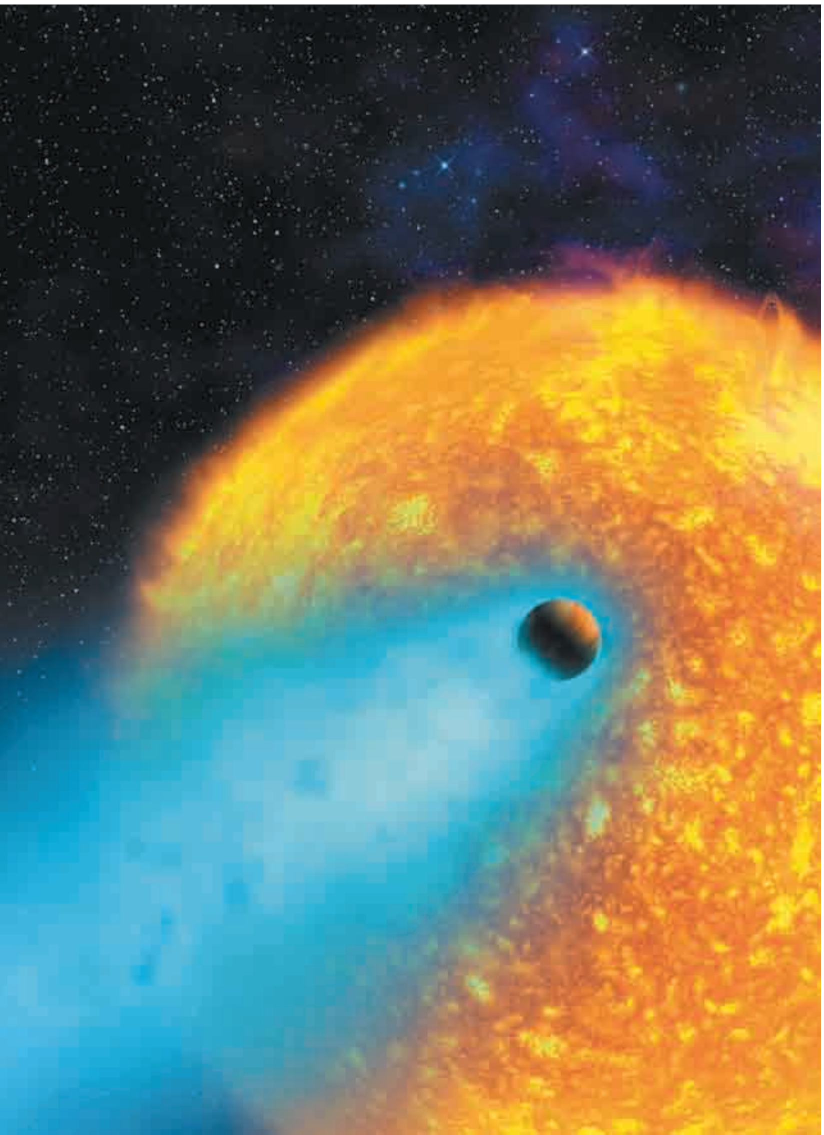
От так уявлення про особливе положення Сонячної системи й Землі зненацька повернулося в науку. І дійсно — якби наше положення в галактиці не було унікальним, ми б уже давним-давно змогли установити контакт з іншими цивілізаціями.

«ЕКЗО» ОЗНАЧАЄ «ПОЗА»

Ці галактичні об'єкти, які навіть при сучасному рівні розвитку астрономії вдається виявити тільки непрямими методами, — не що інше, як планети, можливо, дуже схожі на ті, що входять до Сонячної системи. Тільки обертаються вони навколо далеких зірок, тому й одержали назву екзопланет, або позасонячних планет.

Планети, як відомо, не мають власного досить сильного випромінювання, малі й тьмяні в порівнянні із зірками, тому дуже довго розв'язати завдання щодо їхнього виявлення здавалося неможливим. Зараз їх відкривають усе частіше, але щоразу — на межі можливостей обладнання й приладів. До середини січня 2010 р. астрономам було відомо 424 екзопланети в 358 планетних системах.

Гігантська екзопланета Осіріс, виявлена за допомогою телескопа «Хаббл». Від Осіріса на 200 тис. км тягнеться водневий шлейф, що свідчить про те, що вона необоротно випаровується в променях власної зірки



Вид із супутника далекої планети в системі потрійної зірки

У ПОГОНІ ЗА «ЛЕТЮЧОЮ ЗІРКОЮ»

У далекому 1916 р. американський астроном Едвард Барнард виявив червону зірочку, що порівняно швидко переміщувалася відносно інших зірок. Астрономи охрестили її «Летючою зіркою Барнарда». Це одна з найближчих до нас зірок із масою в сім разів меншою за сонячну. А на початку 60-х років минулого століття астроном Пітер Ван де Камп оголосив, що відкрив у «Летючої зірки» супутник із масою, подібною до Юпітера.

Це відкриття виявилося помилковим, але воно підштовхнуло дослідників почати систематичний пошук екзопланет за допомогою високоточних спектрометрів, і незабаром перша позасонячна планета була знайдена в жовтогарячого субгіганта в сузір'ї Цефея. Потім була відкрита екзопланета, що оберталася навколо однієї з нейтронних зірок, і гаряча планета, схожа за розміром на Юпітер, що обертається навколо зірки в сузір'ї Пегаса по дуже близькій орбіті. Таких екзопланет було відкрито декілька, і вони одержали загальне найменування «гарячі юпітери».

Нічого й казати, що насправді зусилля дослідників були спрямовані на пошук планет, подібних до Землі. І от у серпні 2004 р. перша така планета була виявлена в системі зірки Мю Жертовника. І хоч маса планети виявилася близькою до земної, занадто мала відстань до зірки створює на її поверхні умови, непридатні ні для яких форм життя.

13 листопада 2008 р. астрономам уперше в історії вдалося одержати реальне зображення відразу цілої планетної системи — трьох планет, що обертаються навколо гарячої білої зірки в сузір'ї Пегаса, і тоді ж методом прямого спостереження була виявлена екзопланета біля зірки Фомальгаут.

ШИРОКИЙ ПОШУК

Більшість відомих екзопланет — газові гіганти, які набагато більше схожі на Юпітер, ніж на Землю. Однак це не означає, що це найпоширеніший вид позасонячних планет. Справа тут, швидше за все, у недосконалості методів пошуку й виявлення цих космічних тіл у галактиці.

У наші дні астрономи покладають великі надії на надсучасний космічний телескоп «Кеплер» (США), що виведений на орбіту 7 березня 2009 року. Його конструкція має унікальну особливість — «Кеплер» здатний одночасно відслідковувати до 100 тис. зірок. У найближчі роки планується виявити на околицях Сонячної системи близько 50 планет, розміри яких близькі до Землі, і до 600 планет із розмірами, що набагато перевершують земні. У другому десятиріччі 21 ст. також передбачається виведення на орбіти систем інфрачервоних телескопів і оптичних інтерферометрів великої потужності.

ЗІ СТАТИСТИКОЮ НЕ ПОСПЕРЕЧАЄШСЯ

А вона підтверджує: планетні системи — широко розповсюджене явище у Всесвіті. І не біда, що більшість виявлених дотепер екзопланет і планетних систем дуже відрізняються від Сонячної системи.

Причина цього полягає в тому, що в першу чергу вдається виявити наймасивніші планети з коротким періодом обертання навколо зірки. От і складається враження, що такі планети переважають. Що стосується екзопланет, подібних до Землі, то їхнє виявлення — рідкісна удача, багато в чому пов'язана з випадковістю. І подвійна удача, якщо така планета виявляється в «населеній зоні» — тобто на ній є фізичні умови, що роблять можливим існування життя.

Зовсім недавно в одній з найближчих до нас зірок — Епсилон Ерідана — виявлена планетна система, але ні розміри планет, ні їхні орбіти поки точно не відомі. Однак те, що ця зірка за масою близька до Сонця, дає надію…

Найбільш схожою на Землю екзопланетою є Глізе 581с, температура на якій, за оцінками дослідників, коливається в діапазоні від 0 до 40 °С. При такій температурі цілком можливе існування запасів рідкої води — вони є найважливішою умовою для розвитку життя. От тільки світило планеті дісталося поганеньке — це «червоний карлик» у сузір'ї Терезів, розташований на відстані близько 20 світлових років від Землі. Світність тьмяної й холодної зірки становить близько одного відсотка від світності нашого Сонця. Проте до Глізе 581с двічі — у 2007 й 2008 роках — за допомогою радіотелескопів різних країн направлялися міжзоряні радіопослання. Відповіді залишається чекати ще майже 37 років.

«Гарячий Юпітер», що обертається по орбіті, яка не перевищує діаметра орбіти Меркурія

У ПОШУКАХ БРАТІВ ПО РОЗУМУ

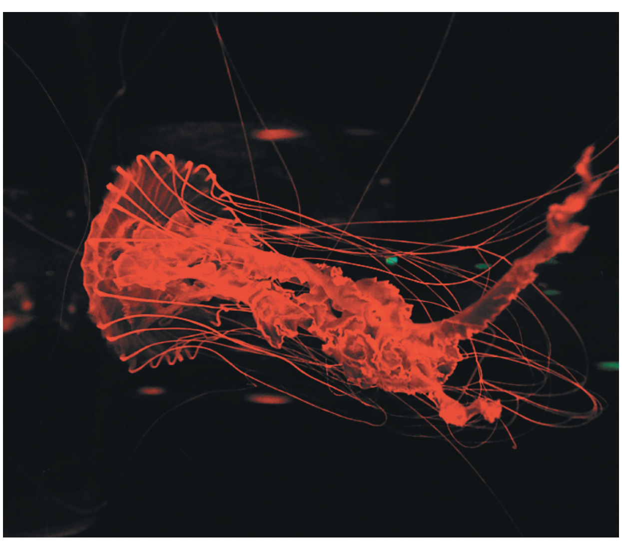
Уперше про можливості існування позаземних цивілізацій люди замислилися у 17 столітті. До цього їх підштовхнули міркування над геліоцентричною системою Коперника й астрономічні відкриття Галілео Галілея, зроблені за допомогою телескопа. Земля зайняла місце в ряді інших небесних тіл, на Місяці були виявлені гори, «моря» і долини, і спочатку було висловлене припущення про існування мешканців Місяця — «селенітів», а потім і марсіан. У міру дослідження Сонячної системи передбачуване місце розташування позаземних цивілізацій переносилося усе далі в глибини космосу. На цьому ґрунті пишно розцвіла науково-фантастична література, але астрономи й біологи ставилися до можливості існування життя поза Землею набагато стриманіше.

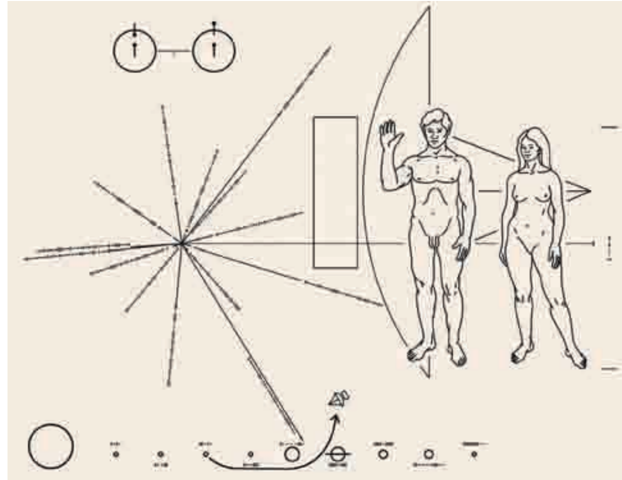
ТРИ УМОВИ

Уже до кінця 19 століття було встановлено, що життя неможливе там, де немає води в рідкому стані й у значних кількостях. Відповідно, температура атмосфери планети, де передбачається наявність життя, повинна бути підходящою — і не тільки для існування рідкої води, але й складних білкових молекул. Це стосується тільки тих форм життя, які нам відомі, але про інші ми й сьогодні можемо тільки здогадуватися й фантазувати. У науки про них немає ніяких даних.

З оглядкою на ці три умови довелося відмовитися від будь-якої надії виявити не тільки розумні, але й найпримітивніші форми білкового життя в Сонячній системі — жодна з планет для цього не годилася. І хоч навіть сьогодні на Марсі тривають пошуки «живого», мова йде не про життя як таке, а про сліди його існування в минулому, коли фізичні умови на «Червоній планеті» були іншими.

Життя в умовах, що відрізняються від земних, може набувати найвигадливіших і найзагадковіших форм





Послання, що пішло у відкритий космос на борту зонда «Піонер-10»

«ВУХО НЕБЕС»

Тоді ентузіасти вирішили піти іншим шляхом. Якщо виникнення життя, а в остаточному підсумку й розуму, — природний процес, то щось подібне могло відбутися в будь-якому місці, де існують підходящі умови. Сонце і його планетна система — одна із сотень мільярдів зірок нашої Галактики. А на околицях нашої Галактики — десятки дуже схожих на неї. У системі кожного з мільярдів світил могли виникнути умови для розвитку органічного життя, а потім і цивілізації. І якщо такі цивілізації існують і досягли високого рівня розвитку, то цілком можливо, що вони шукають контактів із собі подібними.

Оскільки відстані в космосі величезні — до найближчої від нас зірки близько 40 трильйонів кілометрів — найзручнішим засобом передачі сигналів можуть служити радіосигнали, що мають, як і світло, найвищу швидкість у природі. Що як спробувати серед радіосигналів, що приходять із різних точок неба, виділити такі, які мають «осмислений» характер і несуть якусь інформацію?

Спочатку радіотелескопи були спрямовані на найближчі до нас зірки, потім з'явилася можливість постійно «прослуховувати» більші ділянки небесної сфери. Пошуки велися на універсальній хвилі — частоті власного випромінювання міжзоряного водню, найпоширенішого елемента

ЦІКАВО

Людство й саме намагається «сповістити про себе» гіпотетичним побратимам. Із найбільших земних радіотелескопів в останні роки пішли в глибини Всесвіту кілька радіопослань, складених так, щоб навіть істоти із зовсім іншим рівнем мислення і логікою змогли їх розшифрувати. Головна проблема тут у тому, що таке послання може йти до адресата десятки, сотні й навіть тисячі років.

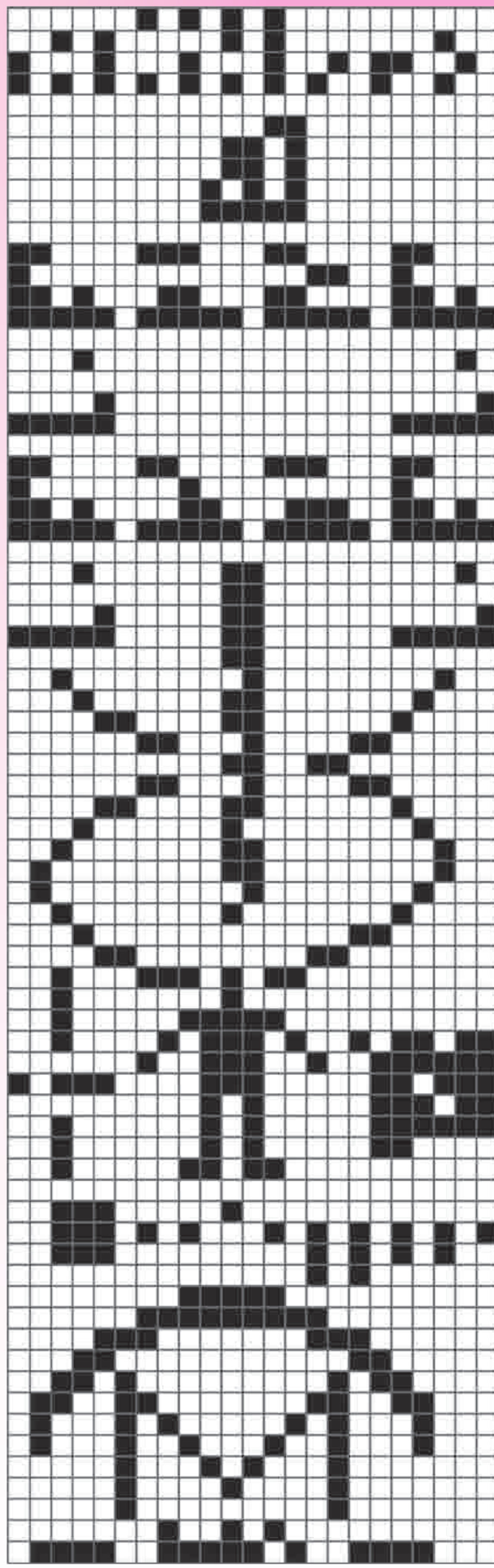
На космічних апаратах «Піонер-10» і «Вояджер», які завершили свої місії в Сонячній системі і направляються в глибокий космос, є пластинки з надміцного сплаву із графічною інформацією про життя на Землі, відео- і аудіозаписами.

у Всесвіті, але сьогодні прилади аналізують чи не увесь спектр частот. Головним результатом багаторічних пошуків «послань із небес» стала відсутність результатів.

«ВЕЛИКЕ МОВЧАННЯ»

Отже, до цього дня немає жодного наукового підтвердження існування позаземних цивілізацій, хоча статистично у Всесвіті можуть і повинні існувати форми життя, що пройшли той же шлях, що й людство. Або справді твердження про унікальність Сонячної системи і Землі як колиски розуму правильні?

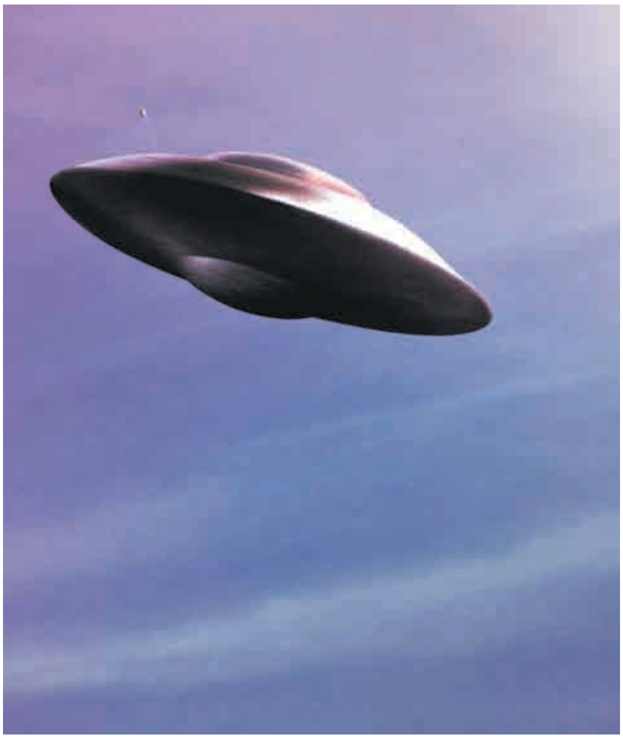
Учені по-різному пояснюють «Велике мовчання». Це, насамперед, занадто велика віддаленість інших цивілізацій, що робить контакт неможливим, або їхня нездатність досягти високого рівня розвитку через війни, природні й екологічні катастрофи. Є й інші пояснення — наприклад, «свідоме мовчання», коли представники неземного розуму воліють спостерігати й аналізувати, не вступаючи в контакти, але вишукуючи в просторі чужі сигнали. І нарешті, небажання контактувати із землянами через те, що їхній рівень розвитку занадто низький, а засоби далекого космічного зв'язку примітивні.



Таке радіопослання було відправлене до кульового скупчення М 13 у центрі нашої Галактики за допомогою найбільшого трьохсотметрового радіотелескопа обсерваторії Аресібо. У ньому закодовані головні параметри людського тіла, будова основи земного життя — ДНК, координати Сонячної системи у Всесвіті і навіть принцип дії пристрою, з допомогою якого було відправлене радіопослання

ФЕНОМЕН НЛО

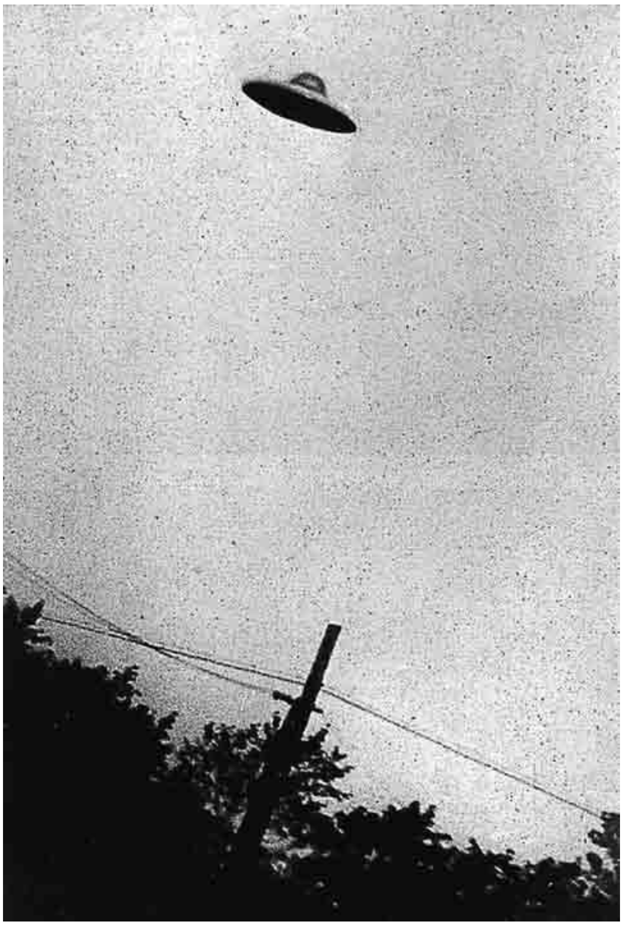
Із середини 20 століття НЛО (невпізнані літаючі об'єкти), що час від часу з'являються на небі, привертають загальну увагу. Завдяки спекуляціям безвідповідальних журналістів і псевдовчених, які прагнуть до самореклами, значно поширився міф про те, що загадкові небесні світлові явища, які володіють унікальною динамікою, мають пряме відношення до діяльності неземного розуму. Мовляв, його представники вже давно «тут», але не бажають виявляти своєї присутності.



«Тарілки» прибульців у навколоземному просторі в уявленні художника

Однак із погляду здорового глузду такі твердження не витримують критики. «Тарілки», «диски», «трикутники» й «сигари», що світяться й стрімко рухаються, періодично з'являються в різних кінцях Землі, зібрані й ретельно задокументовані свідчення тисяч очевидців таких подій. І незважаючи, на те, що багато з них вважають, що зіштовхнулися з аномальними явищами, серйозні дослідники знаходять цілком реальні пояснення таким подіям. Це підтверджується й тим, що лише п'ять відсотків із безлічі повідомлень визнані справжніми випадками спостереження НЛО.

Фальсифіковане фото НЛО



Сьогодні ніхто не сперечається — існують НЛО чи ні. Очевидно, що земна природа таїть ще чимало загадок і несподіванок. Так, зовсім недавно, в 1989 р., був уперше виявлений унікальний вид грозових розрядів — спрайти. Це свого роду «блискавки навпаки», які «танцюють» над грозовою хмарою і створюють світлові стовпи заввишки від 55 до 130 км. При цьому спрайти завжди виникають групами, утворюючи в стратосфері пучки діаметром до 70 км. Природа цього грандіозного світлового явища ще чекає свого пояснення.

Приблизно те ж саме і з різними видами НЛО. Поки що ясно тільки одне — до проявів позаземного розуму вони не мають ніякого відношення. У ході програм із дослідження цих феноменів, здійснених у 70—80-х роках у США й СРСР, не одержало підтвердження жодне з повідомлень про посадку НЛО, про контакти з їх «пілотами» і про викрадення людей інопланетянами.

Тому сьогодні про НЛО варто говорити тільки в тих випадках, коли точно встановлено, що вони не пов'язані з тими чи іншими відомими науці метеорологічними або астрономічними явищами і не виявлено ознак містифікацій, на які нерідко пускаються різного роду авантюристи й «жартівники».

ЗА МЕЖАМИ НАШОЇ ГАЛАКТИКИ

Вивчаючи Всесвіт, астрономи крок за кроком проникали усе далі в його таємничі глибини. Зрозумівши й уточнивши будову Сонячної системи, учені звернулися до Чумацького Шляху — гігантської «корпорації» зірок і міжзоряної речовини, що існує за особливими, далеко ще не повністю відомими «правилами». А наступний етап — відкриття й дослідження інших «зоряних островів», схожих і несхожих на наш власний, виявився неймовірно складним. Мова йшла про відстані в сотні тисяч і мільйони світлових років!

Ще в перших десятиліттях 20 століття далеко не всі астрономи вірили в існування зірок і зоряних систем за межами нашої Галактики. І лише з появою потужних телескопів нового покоління вдалося виміряти відстані до віддалених туманностей і довести, що вони розташовані у тисячі разів далі, ніж найвіддаленіші «береги» нашого «зоряного острова».

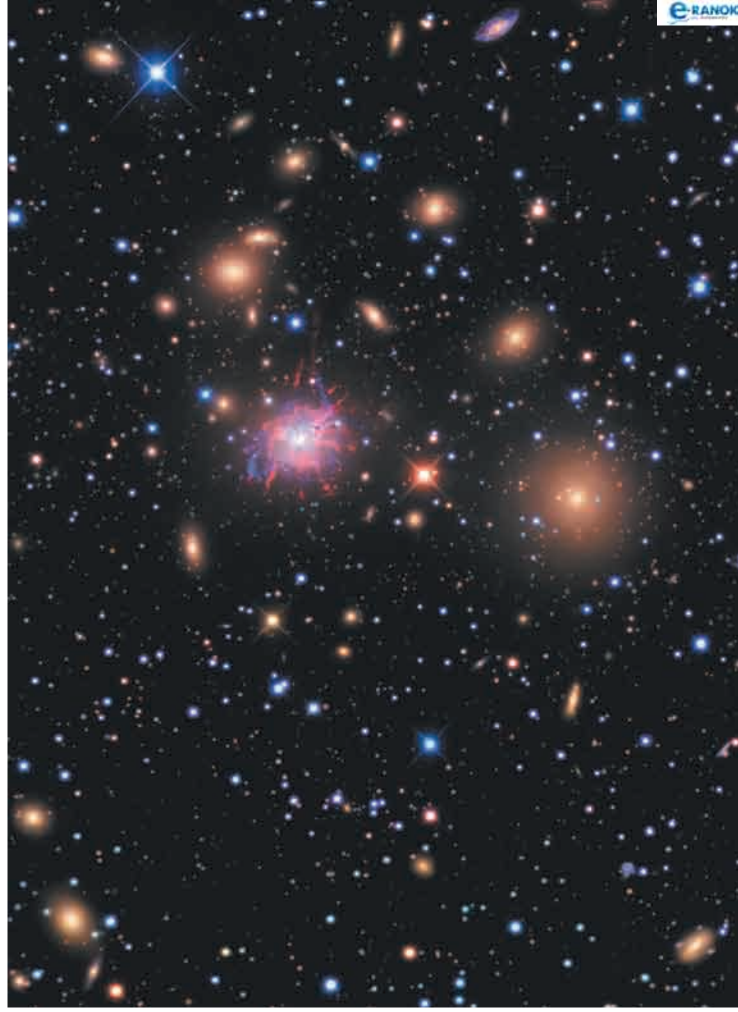
Так народилася нова галузь науки — позагалактична астрономія. І завдання вона поставила перед собою справді грандіозні: вивчення найбільш загальних властивостей частини Всесвіту, яку можна спостерігати — Метагалактики, — і побудова єдиної теорії її походження й розвитку. Існуючих теорій і відомих фізичних законів для цього виявилося недостатньо, тому що за їхньою допомогою неможливо описати стани речовини і те, що з нею відбувається, при граничних значеннях густини, температури й тиску.

Для того щоб тільки наблизитися до створення такої теорії, знадобилися дані спостережень за областями Всесвіту, які лежать за мільярди світлових років від нас. А щоб одержати такі дані, довелося створити надточні прилади й нетрадиційні методи досліджень. Тому головні досягнення позагалактичної астрономії пов'язані з настанням ери комп'ютерів і нових відкриттів в галузі квантової фізики.

ВІДСТАНІ У СВІТІ ГАЛАКТИК

Початок 20 століття ознаменувався успіхами в будівництві потужних астрономічних інструментів. Найзнаменитішим із них став телескоп обсерваторії Маунт-Вілсон (США) із діаметром головного дзеркала 2,5 м. Саме на цьому найбільшому телескопі в 1923 р. Едвіну Хабблу, визнаному основоположникові позагалактичної астрономії, удалося «розділити» на зірки зовнішні області туманності Андромеди. Хаббл довів, що ця туманність є не скупченням газу й пилу, а зоряною системою, а крім того, виявив серед її зірок крихітну цефеїду. Простеживши за зміною її блиску, астроном приблизно визначив відстань до краю туманності, що склала 1 млн світлових років.

Насправді вона більш ніж удвічі більша, але в той момент це не мало значення, — туманність Андромеди в будь-якому разі перебувала далеко за межами Чумацького Шляху. Перед ученими відкрилася інша галактика, яка схожа, як з'ясувалося пізніше, на нашу, але існує цілком самостійно.



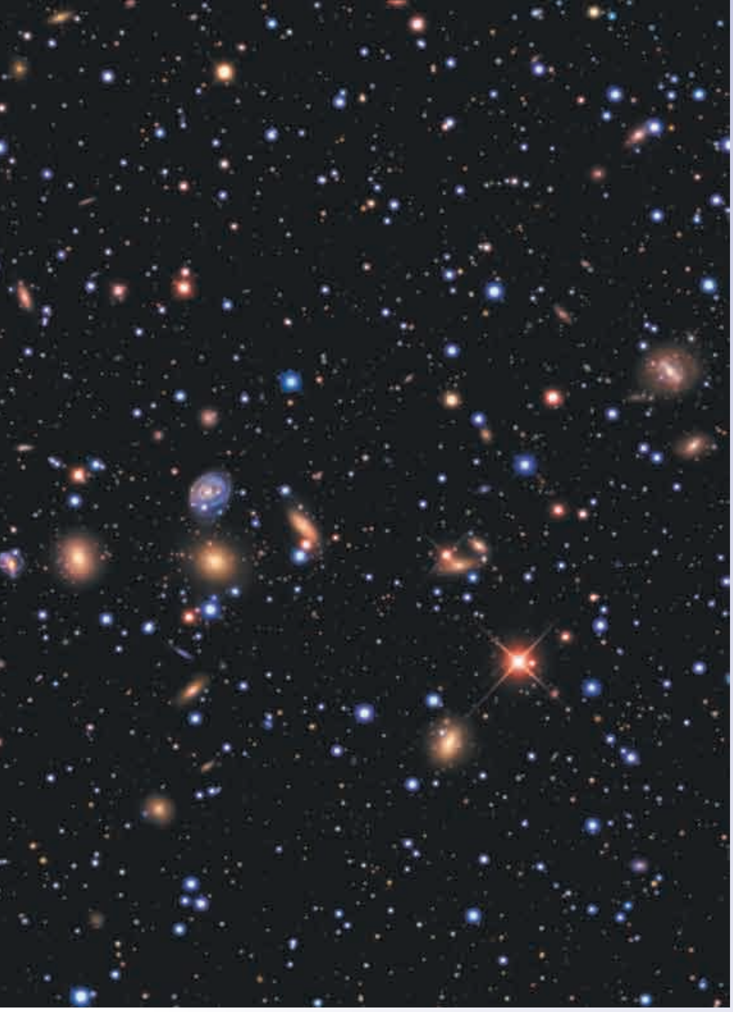
Група галактик у сузір'ї Персея на відстані 325 млн світлових років

БЛАГОДАТНА ПОРОЖНЕЧА

Незабаром були визначені відстані до багатьох подібних туманностей, і майже всі вони виявилися більшими, ніж відстань до туманності Андромеди. Світло від них почало свою подорож у Всесвіті ще в ті часи, коли мавподібні предки людей ще не навчилися пересуватися на задніх кінцівках.

На тих ділянках неба, які віддалені від Чумацького Шляху, сучасні телескопи щорічно реєструють більше галактик, ніж зірок. І відбувається це тому, що міжгалактичний простір, на відміну від простору в межах галактик, абсолютно прозорий для будь-яких видів випромінювань. У ньому відсутні скупчення газу й пилу, які «збирає» гравітація «зоряних островів». Тому досить тільки збільшити роздільну здатність телескопів, і кількість віддалених об'єктів, які вони зможуть зареєструвати, різко зростає.

Але й у цьому випадку проблема визначення відстаней залишається дуже важливою. Світ галактик простягається надзвичайно далеко, і якщо в найближчих із них вдається розрізнити цефеїди, там, де мова йде про сотні мільйонів світлових років, про це нема чого й думати. На допомогу приходять найяскравіші зірки — «блакитні гіганти». Порівнюючи їхній блиск у різних галактиках (а світність у «блакитних гігантів» у всьому Всесвіті приблизно однакова), астро-



Скупчення галактик у сузір'ї Діви. Воно розташоване відносно близько — усього за 50 млн світлових років

ЦІКАВО

Першим, хто передбачив існування зоряних систем за межами Молочного Шляху, був геніальний філософ і видатний натураліст 18 століття Іммануїл Кант. От що він писав у великій праці «Загальна природна історія й теорія неба»: «Якщо глянути на систему зірок, розташовану в одній площині, як у Чумацькому Шляху, з неозоро далекої відстані і під малим кутом, то вона буде уявлятися спостерігачеві у вигляді слабко світної цятки... Слабкість світла, форма й величина діаметра будуть різко відрізняти такий об'єкт від зірки. І такого роду плями астрономія відкрила вже давно, хоча думки астрономів про них зовсім різні».

номи оцінюють відстані до віддалених зоряних систем.

Існує ще один спосіб. Спалахи наднових зірок відбуваються всюди, і це далеко не рідкісне явище. А помітити їх можна навіть на таких відстанях, на яких навіть у найпотужніші телескопи не розрізнити ніяких зірок. Астрономам добре відомі фізичні характеристики цього явища, і по них також можна досить точно оцінити відстань до точки в просторі, де відбувся спалах. Потрібно тільки набратися терпіння й не пропустити момент.

ЧИМ ДАЛІ, ТИМ ШВИДШЕ

Ми вже згадували про таке явище, як «червоний зсув». Вивчаючи спектри галактик, Е. Хаббл виявив, що лінії в них зміщені до червоного краю, і це означає, що галактики безупинно віддаляються від нас, «розбігаються», і відстані між ними збільшуються. При цьому «розбігання» можна спостерігати з будь-якої точки Всесвіту — таке можливо лише за умови, що швидкість взаємного переміщення галактик зростає в міру збільшення відстані між ними.

Спостереження це підтверджують — чим далі від нас перебуває зоряна система, тим із більшою швидкістю вона «тікає», тим далі лінії в її спектрі зміщуються до червоного краю. Знаючи червоний зсув у спектрах галактик, відстані до яких уже визначені, можна оцінювати відстань до найдальших галактик за їхніми спектрами.

Найбільш далекі галактики, відстань до яких вдається виміряти таким способом, розташовані від нас за 10—11 млрд світлових років.

ДЗЕРКАЛО АНДРОМЕДИ

Галактика Андромеди — не найближча до нас. Найближчими є Велика й Мала Магелланові Хмари й кілька карликових галактик, не видимих неозброєним оком. Але вони — усього лише супутники галактики Чумацький Шлях, а галактика Андромеди являє собою зоряну систему того ж типу, що й наша. От тому вона й стала для астрономів свого роду «дзеркалом», у якому наче відбилася будова нашої власної зоряної системи, глянути на яку ззовні нам не дано.

Андромеда — велика спіральна галактика, оточена розрідженим гало, має у своєму диску спіральні «рукави». Вона в півтора раза перевершує Чумацький Шлях за розмірами й масою, у ній налічується до трильйона зірок. Є в галактики Андромеди й власні супутники — дві добре помітні в телескоп маленькі зоряні системи неправильної форми.

У «космічного дзеркала» один недолік — воно повернене до нас не лицьовим боком, а під кутом у 15 градусів, тобто майже ребром. Однак, вивчаючи будову галактики Андромеди, астрономи змогли виявити багато дивних деталей і об'єкти, характерні для спіральних галактик.

Галактика Андромеди у видимому світлі

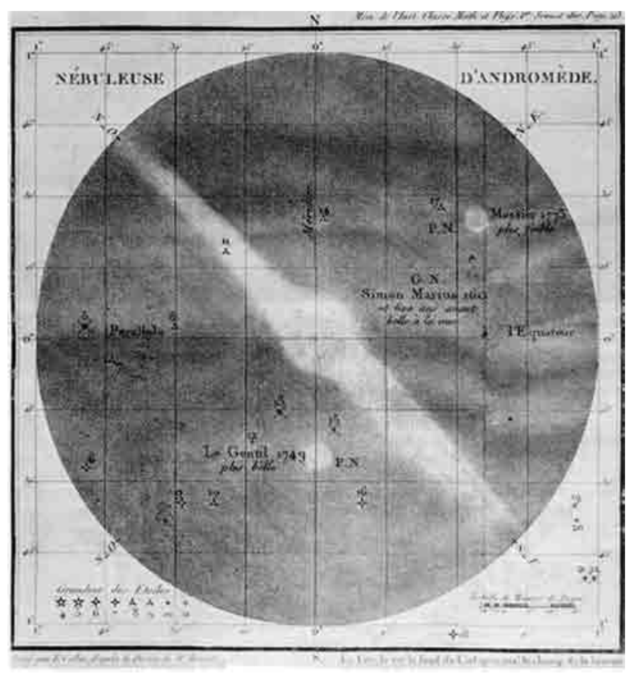
БАЧИТИ Й ЗНАТИ

Уперше галактику Андромеди як добре знайомий усім туманний об'єкт згадав у 946 р. перський астроном Ас-Суфі у своєму «Каталозі нерухомих зірок». Там же наведений малюнок сузір'я, де галактика виглядає маленькою хмариною, що летить нижче від долоні правої руки героїні міфу. Перший опис туманності, побаченої за допомогою телескопа, було зроблено німецьким астрономом С. Марісом у 1612 р., а в 1785 р. Вільям Гершель виявив слабку червону цятку в центрі цього об'єкта, який, як він вважав, є найближчою до Землі туманністю. І, нарешті, Ш. Месьє вніс туманність Андромеди у свій каталог, давши їй позначення М 31.

У 1887 р. британський астроном І. Робертс одержав першу у світі фотографію галактики, на якій було чітко видно її спіральну структуру, але в той час астрономи все ще були переконані, що це ще одна планетна система, яка формується в галактиці Чумацький Шлях.

Остаточну відповідь про природу туманності Андромеди дав Е. Хаббл, що довів, що вона є гігантською зоряною системою.

Об'єкт М31 — галактика Андромеди. Малюнок Ш. Месьє. 1807 р.



СХОЖА — І НЕ СХОЖА

Спіральна структура, ядро, гало, галактики-супутники — усе це є в наявності і в нашій Галактиці.

Ультрафіолетове зображення галактики, отримане телескопом «Хаббл»

Але з тих пір, як астрономи одержали такі могутні інструменти для дослідження далекого космосу, як космічні телескопи «Хаббл», «Чандра» й «Спітцер», у надрах галактики Андромеди були виявлені дивовижні об'єкти, подібних до яких у Чумацькому Шляху немає.

У центрі галактики Андромеди було відкрите джерело рентгенівського випромінювання такої потужності, яку може створити тільки «чорна діра» з неймовірною масою — близько 140 мільйонів мас Сонця. Це «надмасивне чорне чудовисько» оточує диск, що складається з 400 молодих блакитних зірок, які обертаються навколо «чорної діри», немов планети навколо Сонця. Поведінка цих зірок суперечить розрахункам астрофізиків: по-перше, у таких умовах вони взагалі не повинні були утворитися, а по-друге, вони мали б давним-давно звалитися на поверхню «чорної діри». Унікальна й радіальна швидкість, з якої рухаються «блакитні порушники», — вона становить близько 3,6 млн км/год. При такій швидкості можна за 40 с облетіти земну кулю або за шість хвилин добратися із Землі на Місяць. Диск блакитних зірок на відстані близько 5 світлових років від «чорної діри» оточує кільце з дуже старих червоних зірок.

Галактика Андромеди — рекордсмен із числа кульових зоряних скупчень — їх там 460. Але особливий інтерес має скупчення Майоль II. Воно перебуває на відстані 130 тис. світлових років від центра галактики і включає 300 тис. старих зірок. Світність цих скупчень далеко перевершує найяскравіші подібні об'єкти в Чумацькому Шляху. Дослідники вважають, що це не звичайне скупчення, а ядро іншої древньої галактики, яку Андромеда колись просто «проковтнула».

Астрономи встановили, що галактика Андромеди рухається в напрямку до Сонця зі швидкістю 100—140 км/с — саме тому її спектр має фіолетовий зсув. Якщо ця швидкість збережеться, зіткнення двох галактичних систем відбудеться приблизно через 2,5—3 млрд років. Якщо це відбудеться, обидві масивні спіральні галактики зіллються в одну надгігантську, форму якої неможливо передбачити. При цьому потужні гравітаційні збурення можуть «викинути» Сонячну систему в міжгалактичний простір, що ніяк не відіб'ється ні на Сонці, яке на той час уже буде «червоним гігантом», ні на планетах.

Подібні космічні явища взагалі не слід розглядати як катастрофи — вони досить звичні у Всесвіті. Зіткнень і руйнувань зірок при цьому практично не відбувається через їхню крайню віддаленість одна від одної. Ось характерний приклад: якби Сонце було розміром з 50-копійчану монету, то найближча монета (зірка Проксима Центавра) була б на відстані 765 км від нього.

ЯК «ПОБУДУВАТИ» ГАЛАКТИКИ

Як не дивно, але спроби розділити галактики за зовнішніми ознаками на групи й класи почалися задовго до того, як були відкриті самі галактики. Ірландський астроном, президент Лондонського Королівського товариства Вільям Парсонс ще у 1845 р. запропонував першу систему класифікації туманностей зі спіральним візерунком, які, як вважалося тоді, належали до Молочного Шляху. Але лише в 20-х роках наступного століття Е. Хаббл, що одержав безліч зображень галактик на телескопі обсерваторії Маунт-Вілсон, помітив, що деякі з них мають подібні ознаки й загальні риси будови. У 1926 р. вчений запропонував систему класифікації на основі їхньої форми, що з деякими уточненнями використовується й сьогодні.

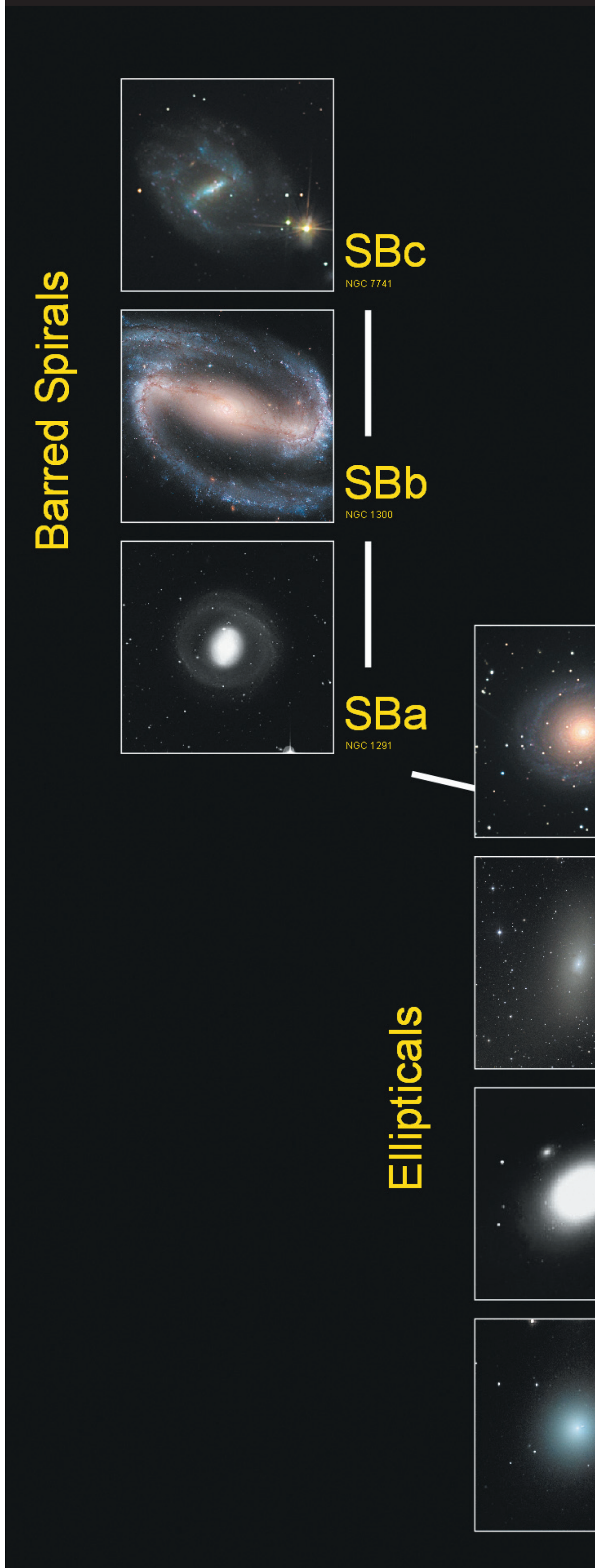
«КАМЕРТОН ХАББЛА»

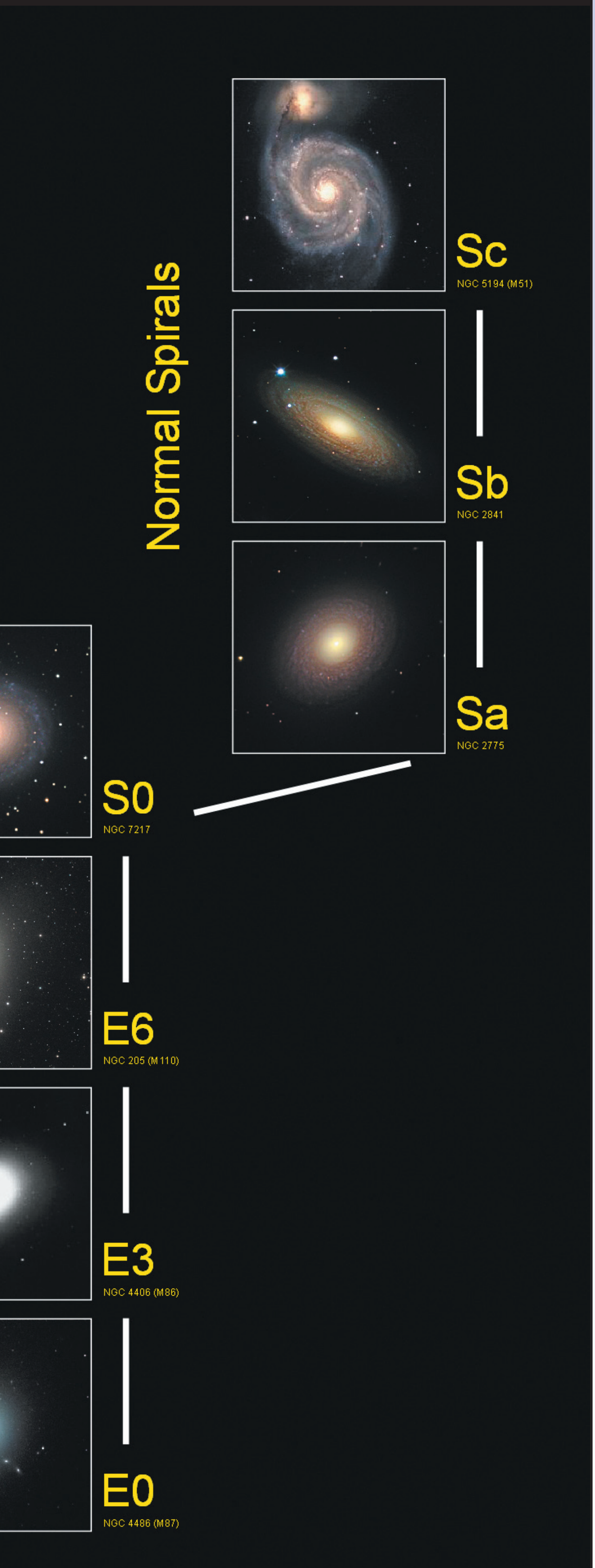
Цю систему колеги-астрономи прозвали «камертоном Хаббла». Досить глянути на малюнок, і стане ясно чому. Схема хабблівської класифікації й справді нагадує інструмент, що використовується для настроювання музичних інструментів. «Камертон Хаббла», він же «Послідовність Хаббла», протягом усього 20 століття задавав тон у статистичних дослідженнях далекого космосу.

Розбіжності в будові галактик, вважав видатний астроном, дозволяють розділити їх на три головні класи.

Еліптичні галактики (їх позначають буквою E) виглядають на небі округлими або еліптичними плямами, причому їхня яскравість знижується від центра до країв. Цифра, яку додають до літерного позначення — так званий «індекс сплющеності». Галактика з позначенням E0 — практично кругла, тоді як у E5 велика піввісь удвічі коротша за малу, і сама вона схожа на довгастий овоч. Усього існує сім підкласів — від 0 до 6. Практично всі зірки в еліптичних галактиках старі, а міжзоряного газу в них дуже мало.

Наступний клас — спіральні галактики, до яких належить і наш Молочний Шлях. Вони складаються зі сплющеного диска із зірок і газу, у центрі якого міститься округле потовщення — балдж. У диску добре помітні яскраві спіральні рукави, що складаються з молодих зірок, газу й пилу. Число рукавів — від одного до десяти. Е. Хаббл розділив усі відомі спіральні галактики на нормальні спіралі (позначаються буквою S) і спіралі з перемичкою, або баром (SB). У нормальних спіралях рукави відходять від центрального ядра і простираються протягом одно-





ЦІКАВО

Галактики відрізняються за своїми розмірами набагато більше, ніж зірки. Найбільші з них мають масу близько 100 млрд мас Сонця, а найменші — усього 100 тис. мас Сонця. Тобто найбільші — у мільйон разів більші від найдрібніших. Маси зірок відрізняються не більш ніж у тисячу разів.

го оберту. У галактик із баром рукави відходять під прямим кутом від кінців перемички, їх, як правило, не більше двох. Залежно від того, наскільки щільними або розмитими є спіральні рукави галактик, їх ділять на підкласи a, b і c.

Очевидно, що галактики з баром — різновид спіральних галактик. Їх також ділять на підкласи залежно від того, наскільки чітко проявляються в них рукави.

Проміжне положення між еліптичними і спіральними займають лінзоподібні галактики. Астрономи позначають їх символом S0.

Завершальний клас у послідовності Хаббла — неправильні, або іррегулярні галактики (I). Вони не мають яскраво вираженої форми і якихось певних особливостей структури — диска, рукавів, перемичок. Їхня своєрідність в іншому: у неправильних галактиках завжди багато міжзоряного газу й постійно йдуть процеси утворення нових зірок. До цього класу належать, наприклад, супутники нашої Галактики — Магелланові Хмари.

Якщо послідовність Хаббла зобразити графічно, то кількість молодих зірок і міжзоряної речовини в галактиках буде зростати від лівого краю малюнка до правого.

НАВАЛА ХОББІТІВ

Уже після того, як класифікація Хаббла стала загальновизнаною, були виявлені невеликі галактики, що не відповідають жодному з класів, виділених астрономом, — карликові галактики, або, як їх ще називають, — галактики-хоббіти. Вони взагалі не мають певної форми і включають усього кілька мільярдів зірок, тобто на два порядки менше, ніж масивні спіральні галактики. У їхніх назвах першою завжди стоїть буква d, від англійського слова dwarf — «карлик».

У другій половині 20 століття, коли був здійснений повний огляд неба за допомогою нових надпотужних інструментів, виявилося, що галактики-хоббіти — найпоширеніші у Всесвіті. Тільки навколо нашої галактики Чумацький Шлях обертається по різних орбітах 14 таких зоряних систем-супутників.

«Камертон Хаббла»

ТАНЦІ «КАНІБАЛІВ»

Відстані між галактиками у Всесвіті в десятки разів більші від розмірів самих галактик. Тому більшість із них існує абсолютно незалежно і ніяк не впливає одна на одну. Однак якщо зірки лише в найрідкісніших випадках зіштовхуються одна з одною, з галактиками інша справа — це відбувається досить часто. Правда, зіткнення галактик зовсім не означає їхньої загибелі, адже галактика являє собою зоряну систему, у якій світила розділені гігантськими відстанями.

Якщо відбувається зближення двох галактик, то вони впливають одна на одну насамперед своїм гравітаційним полем. Таку взаємодію називають приливною — вона й справді нагадує вплив найближчих до Землі небесних тіл на наші океани. У результаті міняється характер руху речовини в межах обох галактик, їхня форма змінюється, виникають викиди газу, пилу й частини зірок у міжгалактичний простір. Може змінитися навіть клас, до якого раніше належала та чи інша галактика.

Іноді ці складні процеси завершуються поглинанням однієї з галактик — астрономи називають такі поглинання «галактичним канібалізмом».

З'ЯСУВАННЯ СТОСУНКІВ «ПО-СІМЕЙНОМУ»

Величезна більшість галактик, що взаємодіють — «родичі», а не зоряні системи, що випадково зустрілися в просторі. Вони пов'язані спільністю походження й положення у Всесвіті. То зближаючись, то розходячись, то частково проникаючи одна в одну, вони міняють одна одну й створюють дивовижні за красою й складністю космічні структури.

Один із найвідоміших прикладів такої взаємодії — галактика Вир у сузір'ї Гончих Псів. Вона складається з еліптичної й спіральної галактик, з'єднаних перемичкою із зірок, по якій речовина поступово перетікає в більшу із цієї пари галактику. Існують пари віддалених галактик, «міст» між якими простягнувся на 230 тис. світлових років і має ширину в 6 тис. світлових років. Не менш своєрідно виглядають галактики, що одержали ім'я «Мишки» — за обома на 9 тис. світлових років тягнуться «хвости» із зірок і міжзоряного газу.

У 2006 р. астрономам вдалося сфотографувати справжню космічну «сварку» у сузір'ї Південної Риби. Там дві галактики, віддалені від Землі на відстань у 100 млн світлових років, буквально розривають своїми гравітаційними полями на частини третю.

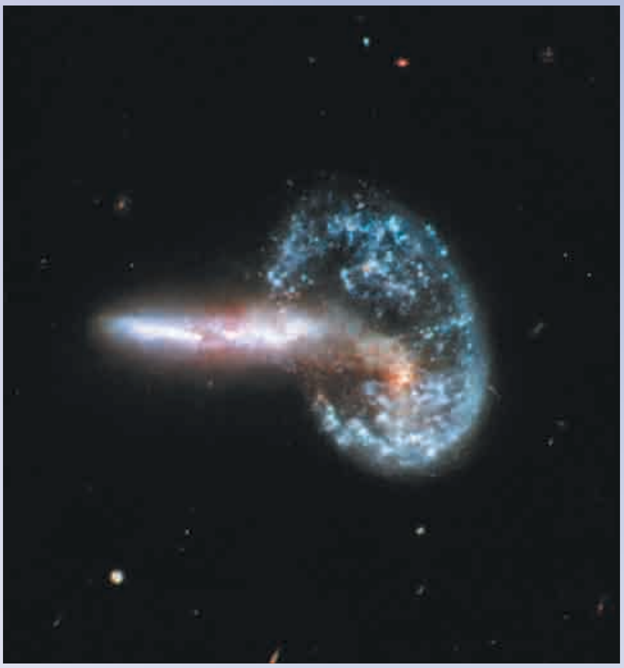
ЩО СТОЇТЬ ЗА ЗЛИТТЯМИ

Проаналізувавши дані про більш ніж 20 тис. галактик, дослідники прийшли до висновку, що практично всі вони в минулому зустрічалися з іншими зоряними системами. Не уник цього й наш Чумацький Шлях — біля двох мільярдів років тому відбулося його зіткнення з іншою галактикою.

«Галактики антен» у сузір'ї Ворона

«Мишки» — пара галактик у сузір'ї Волосся Вероніки

«Чорне Око» в сузір'ї Волосся Вероніки



Галактики, що проходять одна крізь іншу в різних площинах

Невідомо, що саме сталося при цьому зіткненні, але сучасні астрофізичні методи дозволяють побудувати математичні та «комп'ютерні» моделі подій, що відбуваються за «близького знайомства» зоряних систем.

Деякі галактики в результаті взаємодії повністю зливаються. Найяскравішим прикладом є галактика Центавр А, що у звичайному зображенні виглядає як світла куля, пересічена темною смугою. Ця структура утворилася в результаті злиття еліптичної й спіральної галактик. Такий процес призвів до зміни руху газопилових хмар у новій зоряній системі. До її ядра почала надходити набагато більша кількість газу, а це призвело до підвищення активності ядра й виникнення потужного рентгенівського гамма- і радіовипромінювання із цієї області. Недарма радіоастрономи вважають Центавр А одним із найпотужніших джерел радіовипромінювання на небі.

А галактика М 64 у сузір'ї Волосся Вероніки, що одержала прізвисько «Чорне Око», являє собою дві «злиплі» спіральні галактики, які до злиття обертались в різних напрямках. У результаті в центрі нової зоряної системи утворився грандіозний газопиловий диск, що обертається зовсім не в той бік, що основна маса зірок.

Квінтет Стефана. Фото космічного телескопа «Спітцер»

ЦІКАВО

Квінтет Стефана — унікальна група з п'яти «танцюючих» у сузір'ї Пегаса галактик, виявлена французьким астрономом Е. Стефаном ще в 1877 р. Відстань до неї становить близько 300 млн світлових років. Взаємодія викликає гігантську міжгалактичну ударну хвилю — її створює одна з галактик, що «мчить» на іншу зі швидкістю в мільйони кілометрів на годину. Одночасно в цій області утворюються величезні кількості молекулярного водню. Спостереження й вивчення Квінтету Стефана допомагає вченим скласти уявлення про те, що відбувалося на зорі існування нашого Всесвіту — приблизно 10 млрд років тому.

ТАЄМНИЦІ АКТИВНИХ ЯДЕР

Неважко помітити, що в багатьох галактик їхня центральна частина — ядро — є найяскравішою. І це природно — там найвища густина «зоряного населення». Однак існують і такі галактики, чиї ядра випромінюють набагато більше енергії, ніж усі зірки, що входять у них, разом узяті. Навіть на гігантських відстанях там можна виявити неймовірно яскраве джерело світла, що нагадує величезну зірку, а прилади реєструють випромінювання газу, що рухається з величезними швидкостями — до декількох тисяч кілометрів за секунду.

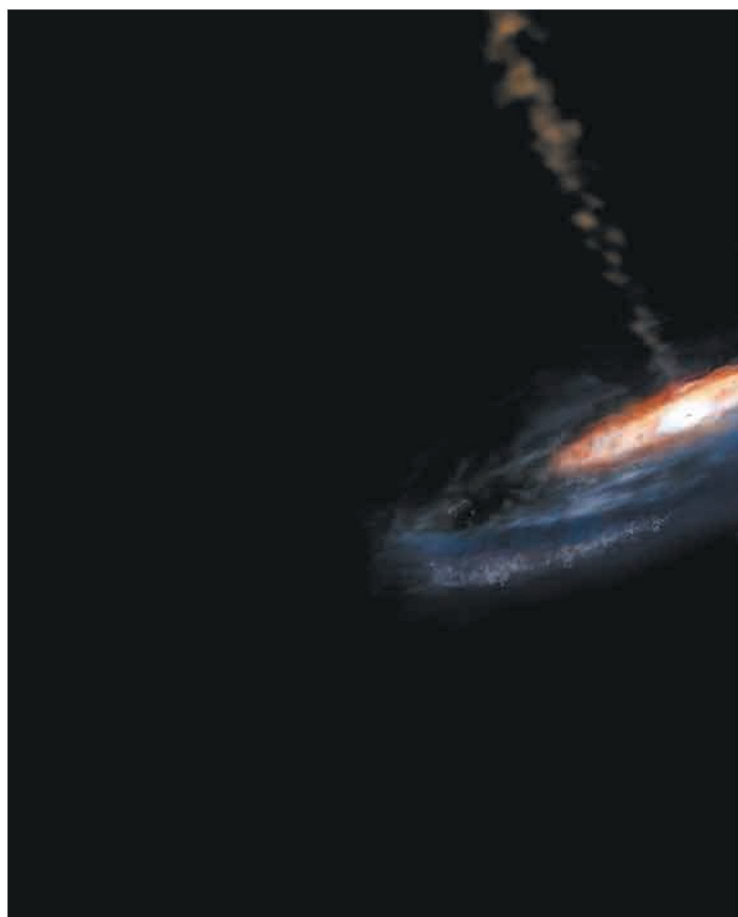
Відповідь на запитання, які процеси відбуваються в надрах цих неспокійних галактик, учені намагаються дати з 1943 р. Саме тоді відомий американський астроном Карл Сейферт (1911—1960 рр.), що загинув у розквіті сил в автомобільній катастрофі, відкрив і описав раніше невідомий тип зоряних систем, які одержали назву галактик з активними ядрами, або сейфертівських галактик.

Галактика NGC 7742 у сузір'ї Пегас, більше схожа на яєчню-глазунью, розташована за 72 млн світлових років від нас. Сліпучо-жовте активне ядро цієї зоряної системи оточене блакитним кільцем — ділянкою утворення молодих зірок. Діаметр ядра, що інтенсивно випромінює видиме світло,— три тисячі світлових років

СЕЙФЕРТІВСЬКІ СПІРАЛІ

Сейфертівські галактики — це гігантські спіральні системи, що часто мають у центральній частині перемичку — бар. Їхні центральні частини характеризуються дуже високою потужністю випромінювання, причому його інтенсивність може періодично мінятися: цілі ядра галактик поводяться як змінні зірки. До того ж, сейфертівські галактики часто входять до складу взаємодіючих галактичних пар.

Сейфертівська галактика «у профіль». Добре видимі джети — струмені розпеченої плазми, що вириваються з ядра в міжгалактичний простір



Гігантська еліптична галактика M87 у сузір'ї Діви, джет якої простягнувся на кілька тисяч світлових років. Він є одним із найпотужніших у Всесвіті джерелом радіохвиль

Потужність випромінювання активних ядер галактик така велика, що її можна порівняти з випромінюванням цілої масивної галактики — такої, як наша або галактика Андромеди. При цьому все випромінювання виходить з області, діаметр якої не більший, ніж відстань від Сонця до найближчої зірки. Тобто в невеликому об'ємі виділяється просто колосальна кількість енергії, а з ядер викидається в міжгалактичний простір велика кількість речовини.

У середині 20 століття єдиним джерелом, здатним виділяти стільки енергії, астрономи вважали наднові зірки. Тому й виникла гіпотеза, що в активних ядрах галактик зосереджена безліч молодих гарячих зірок, у яких, як відомо, тривалість життя невелика і закінчується вибухом наднової. У ядрі, що містить кілька мільярдів зірок, вибухи наднових повинні відбуватися постійно або з деякими невеликими інтервалами. Цим, здавалося, пояснюються періодичні зміни потужності випромінювання й викиди струменів газу.

Однак далеко не всі результати спостережень «вкладалися» у цю гіпотезу.

Галактика Циркуль — найближча до нас галактика з активним ядром. Вона перебуває за 13 млн світлових років від Землі. Широкі смуги в її спектрі показують, що за її межі з величезними швидкостями викидаються маси гарячого газу

«ДІРА» І НАВКОЛО НЕЇ

В останні роки за допомогою орбітальних телескопів і обсерваторій в активних ядрах галактик були виявлені величезні несвітні маси речовини — порядку 10—30 млн сонячних мас. Це прямий доказ існування в центрі ядра масивних «чорних дір». Самі по собі «чорні дірки» нічого не випромінюють — надзвичайне поле їхнього тяжіння затримує всі види випромінювання. Але в навколишньому просторі вони викликають процеси, що супроводжуються потужним випромінюванням. Міжзоряний газ, захоплений тяжінням у «чорну діру», розганяється до дуже високих швидкостей. Газові струмені, що спрямовуються в «чорну діру», зіштовхуються і взаємодіють між собою, при цьому виникає потужне електромагнітне випромінювання з різними довжинами хвиль. А періодичні зміни потужності випромінювання залежать від наявності або відсутності великих кількостей міжзоряної речовини на околицях масивної «чорної діри».

ЦІКАВО

Нам надзвичайно пощастило — на околицях Молочного Шляху немає жодної сейфертівської галактики. Така неспокійна сусідка навіть на відстані кількох сотень тисяч світлових років могла б випромінюванням свого ядра зруйнувати атмосферу Землі й знищити все живе на планеті. Що стосується «чорних дір», зареєстрованих у нашій Галактиці і в галактиці Андромеди, то їхня маса не настільки велика, щоб активізувати галактичні ядра.

НА НАЙВИЩОМУ ЩАБЛІ

Подібно до того, як у земній природі існують свого роду «щаблі», на кожному з яких живі організми стають усе більш складними й досконалими, але при цьому залишаються залежними від організмів нижчого щабля, у Всесвіті існує своя ієрархія. Ієрархія — це багаторівнева форма організації об'єктів, у якій об'єкти, що перебувають на нижньому рівні, жорстко співвідносяться з тим чи іншим об'єктом верхнього рівня. Так, планета зі своїми супутниками, кільцями, атмосферою — один із найнижчих щаблів всесвітньої ієрархії. Наступний щабель — планетна система, яку «тримає в підпорядкуванні» тяжіння зірки. Багато зірок входить до складу зоряних скупчень — розсіяних або кульових. А стійка форма співіснування величезних мас зірок — галактика — належить вже до вищих щаблів космічної ієрархії.

Що ж є на ще більш високих рівнях структури Всесвіту?

Правильне скупчення галактик у сузір'ї Волосся Вероніки

СКУПЧЕННЯ СКУПЧЕНЬ

Галактика — це величезне скупчення, «колектив» зірок, пов'язаних силами гравітаційної взаємодії. Однак спостереження астрономів показують, що існують і «скупчення скупчень» — гравітаційно пов'язані системи галактик. Це, мабуть, одні з найбільших структур у Всесвіті — їхні розміри можуть досягати сотень мільйонів світлових років.

Секстет Сейферта — «найтісніше» з усіх відомих астрономам скупчень галактик. Воно розташоване в сузір'ї Змії на відстані 190 млн світлових років від Сонячної системи. У скупчення входить шість галактик, пов'язаних гравітаційною взаємодією. Але навіть цим близько розташованим зоряним системам знадобиться кілька сотень мільйонів років, щоб злитися в одиночну еліптичну галактику

Скупчення галактик нерівномірно розподілені в тій частині світобудови, що доступна для спостережень сьогодні, і утворюють щось на зразок просторової мережі, у якій більш щільні області чергуються з гігантськими порожнечами.

Про те, що скупчення галактик, які ведуть «спільне життя», справді існують, дають уявлення астрофотографії. Вимірюючи відстані до цих зоряних систем і їхні швидкості, можна переконатися, що вони розташовані не так вже і далеко одна від одної за мірками глибокого космосу і підкоряються загальним «правилам поведінки». Існує навіть класифікація скупчень галактик, що складається всього з двох класів.

«ПРАВИЛЬНІ» І «НЕПРАВИЛЬНІ»

Правильні, або регулярні, скупчення зазвичай мають кулясту форму і включають дуже велику кількість зоряних систем. У них є характерна риса — у таких скупченнях майже не буває спіральних галактик, зате переважають еліптичні й лінзоподібні. Центром таких скупчень, як пра-

ЦІКАВО

Далеко не всі галактики входять у скупчення. Є серед них і мандрівниці-одиночки, і невеликі групи зоряних систем — в одну з них входить і галактика Чумацький Шлях. У ході своїх космічних мандрівок галактики іноді вишиковуються в лінію або збираються в одній площині, але такі скупчення нестійкі, і сили взаємного тяжіння не в змозі довго тримати разом таку «різношерсту компанію».

вило, стають гігантські еліптичні галактики, які утворюються при злитті більш дрібних зоряних структур.

Одне з найвідоміших скупчень такого типу, докладно вивчене астрономами, розташоване в сузір'ї Волосся Вероніки на відстані близько 280 млн світлових років. Незважаючи на таку віддаленість, це скупчення займає на небі ділянку в 12 градусів. Отже, його розміри просто колосальні — від однієї межі скупчення до іншої більше 60 млн світлових років. 11 тис. галактик, серед яких 660 гігантських і надгігантських, пов'язані найскладнішою системою гравітаційних взаємодій та утворюють єдиний космічний «надорганізм», що має іншу долю, ніж сусідні з ним структури.

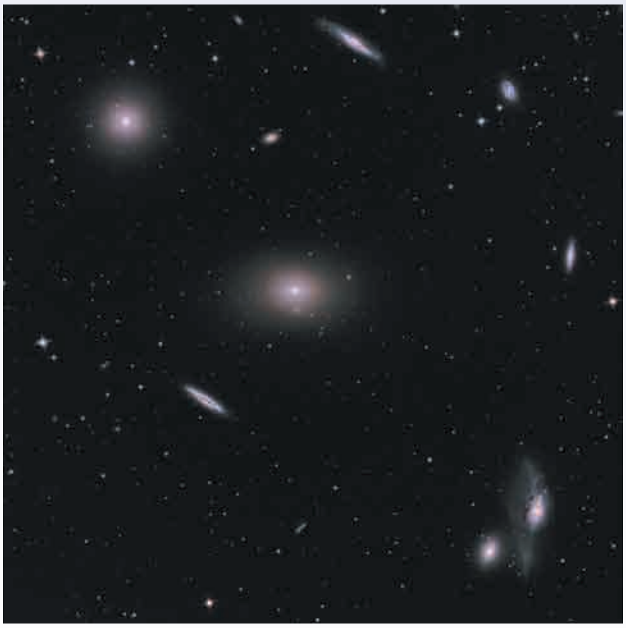
Неправильні, або іррегулярні, скупчення не мають певної форми, та й число галактик, що в них входить, помітно менше. Астрономи помітили цікаву особливість — чим більше галактик входить у скупчення, тим його форма ближча до сферичної. У неправильних скупченнях переважають спіральні галактики різних класів.

У сузір'ї Діви можна спостерігати дуже характерне й набагато ближче до нас неправильне скупчення — до нього «тільки» 50 млн світлових років. Воно також займає велику область на небі і включає близько 2 тис. галактик. Деякі об'єкти із цього скупчення, як, наприклад, гігантська еліптична галактика M87, були описані ще Шарлем Месьє і внесені в його знаменитий каталог.

Найвища щільність розташування галактик — у центральних ділянках скупчень, особливо регулярних. Тому там нерідко відбуваються їх зіткнення, які призводять до руйнування або об'єднання зоряних систем.

Простір між галактиками в скупченнях заповнений дуже гарячим і розрідженим газом. Щільність його — один атом на кубічний дециметр простору, але об'єм цього простору такий великий, що маса міжгалактичного газу співвідноситься з масою самих галактик. Газ цей утворився в дуже далекі часи, коли на зорі еволюції Всесвіту в галактиках, що входять у скупчення, бурхливо йшли процеси утворення нових зірок.

Центральна частина скупчення в сузір'ї Діви. Більшість галактик — спіральні



«МИ САМІ МІСЦЕВІ...»

Після того як було встановлене точне місце розташування Сонячної системи в галактиці Молочний Шлях, перед астрономами виникло завдання визначення місця самої нашої Галактики в ієрархії Всесвіту. Насамперед з'ясувалося, що вона не входить до жодного з великих скупчень галактик, хоча відносно недалеко є добре відоме астрономам неправильне скупчення в сузір'ї Діви. Подальші дослідження підтвердили, що Чумацький Шлях є частиною більш дрібної структури, що одержала назву Місцева група галактик.

До Місцевої групи належать галактики, відстань до яких не перевищує 5 млн. світлових років — їх дотепер відкрито більше півсотні. На такій відстані чітко проявляються гравітаційні взаємодії між ними, а центр їхніх мас перебуває на лінії, що з'єднує Чумацький Шлях і галактику Андромеди.

СПІРАЛЬНА ТРІЙЦЯ

У Місцевій групі всього три великі спіральні галактики — Чумацький Шлях, галактика Андромеди й значно менша галактика M33 у сузір'ї Трикутник. З кожною з них пов'язано кілька неправильних і карликових галактик, галактик-супутників і зоряних скупчень. Малі галактики наче групуються навколо двох найбільших.

«Родина» Чумацького Шляху складається з гігантської спіральної галактики Чумацький Шлях та 14 її супутників, серед яких неправильні галактики Велика й Мала Магелланові Хмари, карликові галактики в сузір'ях Скульптор, Кіль, Піч, карликова еліптична галактика в сузір'ї Стрілець і ряд інших.

Група Андромеди багато в чому схожа на групу Чумацького Шляху: у центрі перебуває галактика Андромеди, яку оточують 18 галактик-супутників, серед яких є неправильні й еліптичні зоряні системи.

У спіральної галактики в сузір'ї Трикутник також є пов'язані з нею «карлики», але точний характер їхнього руху поки не встановлений.

НЕ ТІЛЬКИ ТЯЖІННЯ

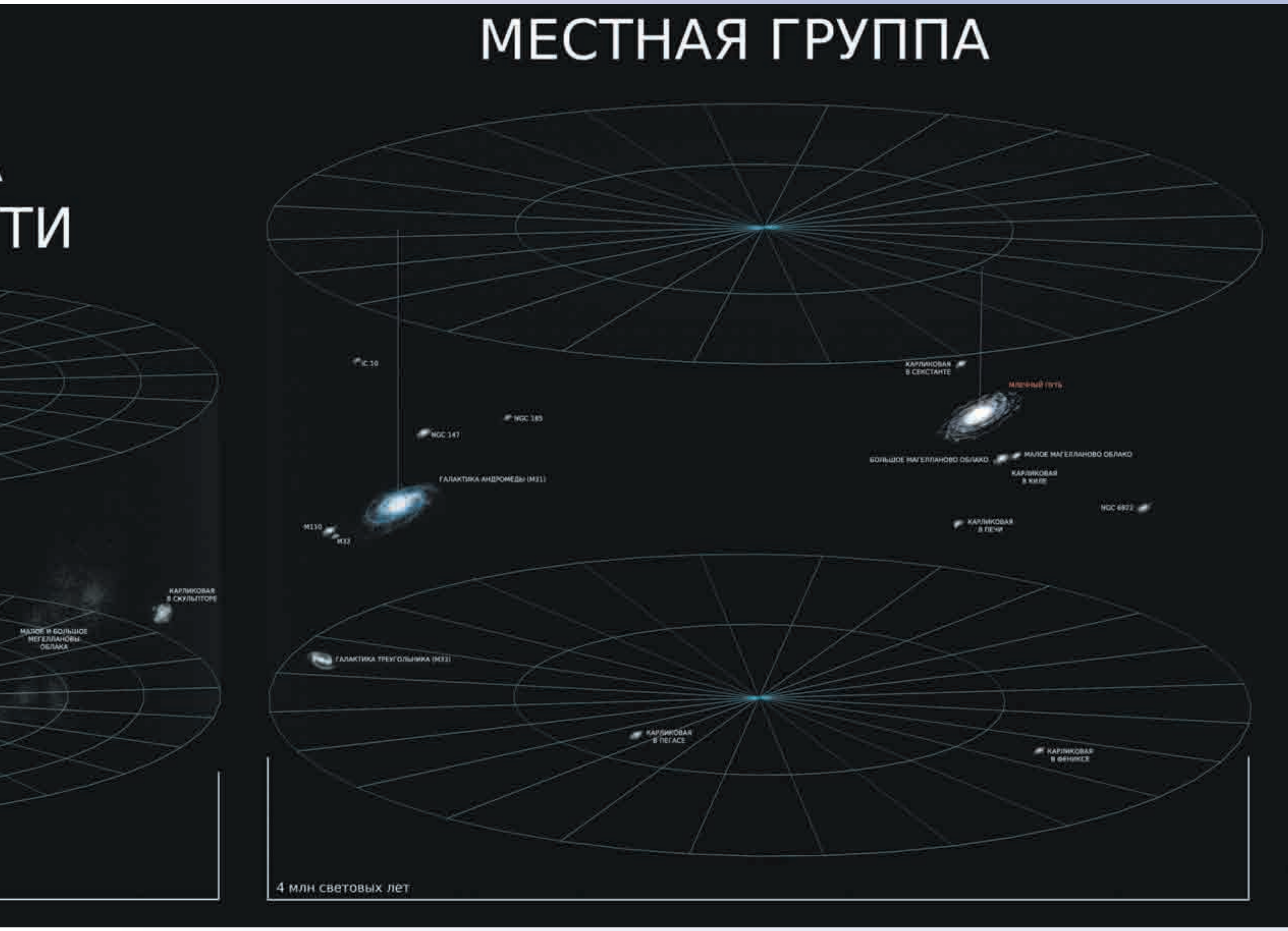
Місцева група галактик — наш осередок у структурі доступної для спостереження частини Всесвіту. Гравітація галактик Місцевої групи впливає на їхній рух у просторі, але цим не обмежуються їхні взаємини. Багато з них обмінюються речовиною, при цьому газ із менших галактик, як правило, перетікає в більші. Такий обмін відбувається між Магеллановими Хмарами й Чумацьким Шляхом. Газ, що надходить із супутника,

Підгрупа Чумацького Шляху й місцева група галактик

підживлює процеси утворення нових зірок у Чумацькому Шляху.

Речовина надходить у нашу зоряну систему і з галактики в сузір'ї Скульптора. Це слабкий туманний об'єкт, що видимий на нічному небі Південної півкулі тільки в телескоп, хоча сама галактика розташована у шість разів ближче від нас, ніж туманність Андромеди. Вона схожа на велике кульове скупчення і належить до класу карликових сфероїдальних галактик із поперечником приблизно в 50 разів меншим, ніж Чумацький Шлях. У ній немає гігантських зірок, яких чимало в Магелланових хмарах, і пилових туманностей.

Астрономи не сумніваються, що ще багато членів Місцевої групи залишаються не відкритими. Цьому заважає власне випромінювання екватор-



ріальної частини Чумацького Шляху, що «перекриває» значні ділянки неба. Недавно в цій ділянці була виявлена ще одна карликова сфероїдальна галактика — вона розташована в сузір'ї Пегаса. Не виключено, що і ця «крихітка» є супутником спіральної Андромеди, що домінує в Місцевій групі. Нова галактика ховається за яскравим світінням Чумацького Шляху і являє собою скупчення слабких блакитних зірок розміром у дві тисячі світлових років. Астрономи вважають, що карликові галактики — це «будівельні блоки», з яких згодом утворюються великі зоряні системи.

Місцева група разом із скупченням Діви та деякими іншими галактиками входять до більш масштабної системи — Місцевого скупчення. Загалом до нього належать понад 30 тис. галактик, які разом є частиною Великомасштабної структури Всесвіту.

ЦІКАВО

Добре відомо, що наша Земля не перебуває в спокої — вона рухається навколо Сонця. Сонце рухається навколо центра галактики Чумацький Шлях. Чумацький Шлях, у свою чергу, переміщується в Місцевій групі галактик. А сама Місцева група рухається в напрямку до великого скупчення галактик у сузір'ї Діва. Недавно дослідникам вдалося виміряти швидкість руху Місцевої групи, і вона виявилася надзвичайно високою — приблизно 600 км/с. Цей результат виявився для астрономів та астрофізиків повною несподіванкою — дотепер не існує ніяких пояснень такому стрімкому «падінню» на скупчення Діви.

«ДИНОЗАВРИ ВСЕСВІТУ»

Астрономи здавна люблять порядок — усе в них підраховано, занесено в каталоги й класифіковано. Ще б пак — адже їм доводиться мати справу із сотнями тисяч різних об'єктів. Однак нічне небо не перестає дивувати спостерігачів. Такі новітні об'єкти як, квазари, відкриті всього 40 років тому, не на жарт спантеличили вчених: при колосальній яскравості світіння вони мали вкрай незначні розміри. Лише в останні роки до слідникам вдалося зрозуміти, звідки ці дивні утворення, названі «динозаврами Всесвіту» черпають таку величезну енергію, випромінюючи її майже у всьому діапазоні електромагнітних хвиль.

«НЕЗРОЗУМІЛЕ» ВІДКРИТТЯ

У 1960 р. американські астрономи Т. Меттьюз і А. Сендідж, працюючи на телескопі обсерваторії Маунт-Паломар у Каліфорнії, виявили нічим не примітну зірочку 13 величини в сузір'ї Діви. Лише через три роки був виміряний «червоний зсув» цього об'єкта, що виявився дуже великим. Розрахунки показали, що зірочка, що одержала в каталогах номер 3С 273, перебуває на відстані 2,44 млрд світлових років і віддаляється зі швидкістю 44 тис. км/с. Отут-то й стало ясно, що це не звичайна зірка — її неможливо побачити з такої відстані, але й на велику зоряну систему об'єкт анітрохи не був схожий. До того ж з'ясувалося, що він є могутнім джерелом радіовипромінювання.

Так астрономи вперше зіштовхнулися з космічним об'єктом, що сліпуче сяяв у всьому діапазоні електромагнітних хвиль, періодично міняв яскравість, мав величезну швидкість і неймовірно великий вік і при цьому не вписувався ні в які класифікації. Дивна «зірочка» одержала назву «квазар» — це скорочення, утворене від англійських слів, що означають у перекладі «зореподібний об'єкт».

Сьогодні відомо кілька десятків тисяч квазарів, але у 60-х роках це відкриття через його абсолютну незрозумілість було, так би мовити, «відкладене вбік».

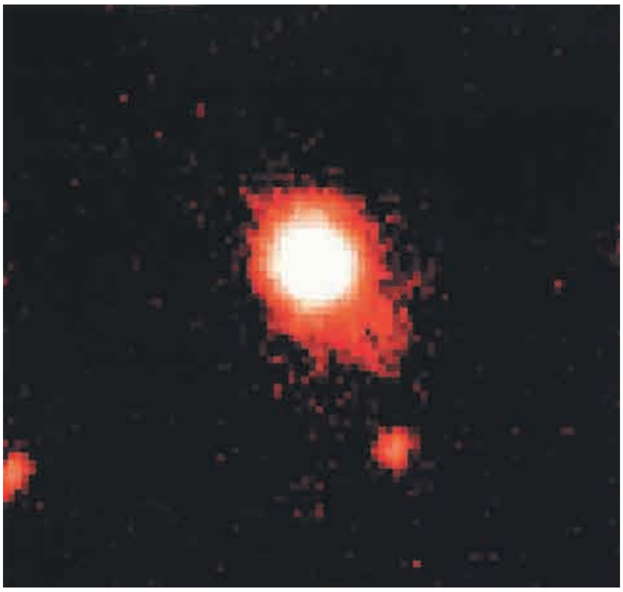
ЩО ТАКЕ КВАЗАР?

Згодом було встановлено, що розміри більшості квазарів не перевищують одного світлового року, що в 100 тис. разів менше від найскромнішої галактики, а світять вони при цьому часом як кілька сотень галактик. Незвичайним виявився й спектр випромінювання квазарів — спочатку ледь вдавалося розрізнити в ньому лінії звичайних водню й гелію, настільки сильно вони були зміщені в червоний бік. Це свідчило, що квазари віддаляються від спостерігача з назвичайно великою швидкістю.

Сучасні астрофізики вважають, що квазари — це надмасивні «чорні діри» (масою як кілька мільйонів мас Сонця), що втягують у себе навколишню речовину. Під дією надпотужного тяжіння, що створюється «чорною дірою», речовина спрямовується до центра, але рухається при цьому не прямолінійно, а по спіралі. При цьому в міру наближення до центра «чорної діри» частки рухаються усе швидше, одночасно збираючись в акреційний диск. В акреційному диску швидкості часток стають настільки великими, що їхні зіткнення по-

Галактика NGC 4319 і квазар Маркарян 205

Інфрачервоне зображення квазара



Зірка, що потрапила в поле тяжіння масивної «чорної діри», спочатку розривається на частини приливними силами, а потім у вигляді сильно іонізованого газу, що яскраво світиться, поглинається «чорною дірою». Після такого «знайомства» від зірки залишається лише невелика розріджена хмара, що обертається навколо «чорної діри»

роджують практично всі види електромагнітного випромінювання. Після зіткнень вони сповільнюються, наближаються до «чорної діри» й поглинаються нею. Частину заряджених часток магнітне поле квазара направляє до полюсів «чорної діри», і вони вилітають звідти з величезною швидкістю. Так утворюються гігантські джети, довжина яких досягає мільйона світлових років. Частки джета зіштовхуються з міжзоряним газом, випромінюючи радіохвилі.

Дослідники не виключають, що квазари — невід'ємна частина молодих галактик, що формуються.

ПОЛЮВАННЯ ЗА РЕЧОВИНОЮ

Як тільки навколо «чорної діри» з'являється матерія в будь-якій формі, «чорна діра» починає випромінювати енергію, поглинаючи речовину. У ті часи, коли Всесвіт був зовсім молодий, навколо «чорних дір» було багато речовини, що є для них свого роду «їжею», і квазари досягали неймовірних розмірів і яскравості. Щоб скласти уявлення про те, енергетичним джерелом якої потужності є квазар, досить знати, що всього секунди його світіння було б досить, щоб забезпечити електроенергією все населення Землі на мільярди років. А один квазар-рекордсмен випромінює світло в 60 тисяч разів інтенсивніше за увесь наш Молочний Шлях!

Коли речовини поряд стає менше, світіння квазара слабшає. Нарешті наступає момент, коли «чорна діра» «з'їдає» із прилеглого простору всю речовину, після чого випромінювання майже припиняється й квазар стає ледь помітним об'єктом. Але хижак чекає свого часу! Як тільки на околицях з'явиться нова речовина (наприклад, у результаті зіткнення галактик), «чорна діра» засяє знову, жадібно поглинаючи зірки й міжзоряний газ. Так що все «життя» квазара залежить від його оточення.

Однак на сучасному етапі розвитку Всесвіту зіткнення галактик — рідкість, і квазари практично не виникають. Ті, які ми спостерігаємо, є неймовірно древніми — світло від них добиралося до нас багато мільярдів років, і навряд чи ці об'єкти існують зараз. Саме тому квазари іноді називають «динозаврами Всесвіту» — натякаючи не тільки на їхній поважний вік, але й на те, що вони, правду кажучи, давно «вимерли».

ЦІКАВО

Оскільки потужні джерела променистої енергії, як квазари, — найнебезпечніші сусіди, нам варто тільки радіти тому, що в Місцевому скупченні вони відсутні. Квазари, що є одними із найдавніших об'єктів, народилися майже одночасно із Всесвітом, тобто приблизно 13 млрд років тому. Вони не тільки вкрай віддалені від нашої Галактики — ця відстань продовжує неухильно збільшуватися. Найбільш далекі з квазарів «тікають» від нас зі швидкістю всього на 5 % меншою від швидкості світла. Учені використовують ці надпотужні «прожектори» як інструменти для дослідження далекого космосу.

ЗАГАДКА «ХРЕСТА ЕЙНШТЕЙНА»

Із загальної теорії відносності, створеної на початку 20 століття Альбертом Ейнштейном, випливає висновок: масивні тіла своєю гравітацією здатні відхиляти світлові промені. Цей висновок підтвердив британський астрофізик Артур Еддінгтон, що сфотографував положення зірок поблизу сонячного диска в момент повного затемнення Сонця. Їхнє положення помітно відрізнялося від звичайного, добре відомого астрономам. Зірки наче «відсунулися» від Сонця. Це відбулося через викривлення траєкторій променів світла, що випускалося зірками, які пройшли поблизу Сонця й піддалися дії його тяжіння.

Це явище дивним чином нагадувало те, що відбувається із променями світла в оптичній лінзі, а згодом і в кожному оптичному приладі, яким є звичайний телескоп.

Так народилося припущення, що великі маси у Всесвіті, зібрані в невеликих об'ємах, можуть відігравати роль гравітаційних лінз. Адже світло має двоїсту природу — його частки, фотони, мають властивості і хвилі, і частки, а отже, мають власну масу. Гравітаційні поля здатні впливати на рух фотонів, але поки тяжіння не надто сильне, цей ефект майже неможливо помітити. Інша справа, коли космічний об'єкт має масу в кілька сотень, а то й тисяч сонячних мас.

КОСМІЧНИЙ МІРАЖ

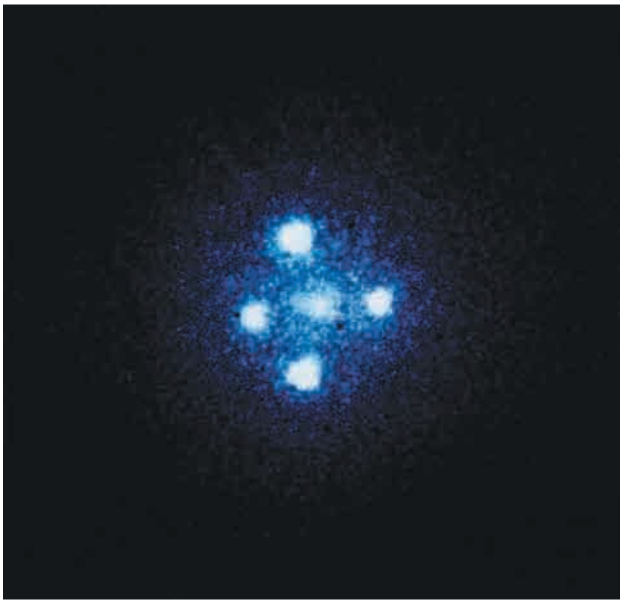
Астрофізики пропонували використати гравітаційні лінзи для спостереження за дуже далекими об'єктами ще в 30-х роках минулого століття. Однак виявити першу таку лінзу вдалося лише в 1979 р. Зображення одного з квазарів виявилося дивним чином роздвоєним, причому у квазарів-близнюків були зовсім однакові спектри й показники червоного зсуву. Оскільки фізично такий об'єкт існувати не міг, дослідники припустили, що між спостерігачами й далеким квазаром є масивний об'єкт, який «роздвоює» зображення. І були праві: на лінії, проведеній у просторі до квазара, «знайшлася» невелика галактика. Саме вона й послужила гравітаційною лінзою.

Квазари часто служать об'єктами, при спостереженні за якими проявляється гравітаційне лінзування. Це невипадково: квазари — потужні джерела випромінювання, але розташовані надзвичайно далеко, тобто за об'єктами, які служать лінзами.

Надзвичайно яскраво це явище проявилося, коли в сузір'ї Пегас була виявлена тьмяна галактика, у якій було відразу чотири ядра! Астрономи вперше зіштовхнулися з подібним об'єктом. І лише дані спектроскопії показали, що справжнього ядра в цій галактиці... взагалі немає! Всі чотири «ядра» виявилися зображенням квазара, розташованого за 8 млрд світлових років від Землі, а сама галактика розташована у 20 разів ближче. Її гравітаційне поле має складну форму,

Унікальне зображення трьох далеких галактик, що перебувають на одній прямій, але на різних відстанях від нас

«Хрест Ейнштейна» — найзнаменитіший гравітаційний міраж



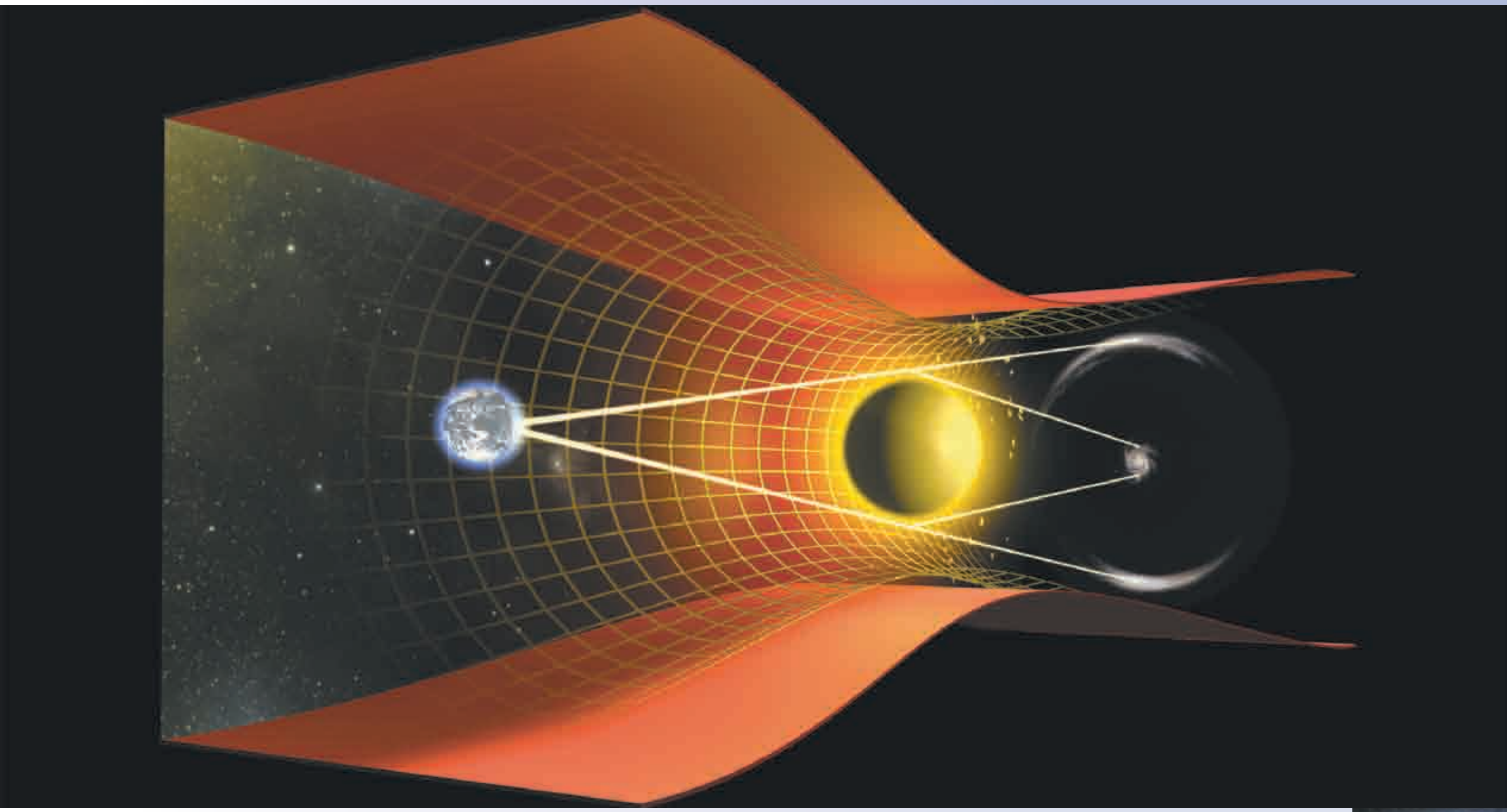


Схема утворення гравітаційної лінзи

що й призводить до «почетвірного» зображення квазара.

Цей космічний міраж одержав назву «Хрест Ейнштейна» — на честь творців загальної теорії відносності.

БЛАКИТНІ ПРИМАРИ

У 2004 р. космічний телескоп «Хаббл» сфотографував гігантське скупчення галактик. Однак зображення, отримане на Землі, спантеличило вчених — у різних ділянках знімка можна було побачити дивні об'єкти, які примарно світилися. Всі вони виявилися «відображеннями» однієї-єдиної незвичайної, схожої на чотки блакитної кільцеподібної галактики, розташованої за гігантським скупченням, що зіграло роль гравітаційної лінзи. Це схоже на те, як далеке світло вуличного ліхтаря проходить крізь гранований кришталевий келих, розкидаючи по поверхні столу безліч світлових «зайчиків».

Світло блакитної галактики було випущено ще в ті далекі часи, коли вона тільки формувалася, і фахівці нарахували на знімку космічного телескопа в цілому близько 33 її зображень, причому багато з них — під різними кутами. Так що вченим трапилася унікальна нагода глянути на такий далекий об'єкт із різних боків.

ПОБАЧИТИ НЕЗРИМЕ

Не тільки галактики, але й набагато більш «компактні» об'єкти можуть служити гравітаційними лінзами. Це остиглі «білі карлики», нейтронні зірки, невеликі «чорні діри» і навіть великі планети з масою як кілька мас Юпітера.

Вони теж відхиляють промені світла, але на настільки малі кути, що помітити таке відхилення просто неможливо. Однак якщо такий об'єкт пройде перед зіркою, він викличе короткочасне збільшення, а потім зменшення її яскравості. При цьому сам об'єкт настільки малий, що найчастіше його взагалі неможливо помітити навіть у найпотужніші телескопи. Це явище називається мікролінзуванням — з його допомогою вдається виявити темні космічні об'єкти, які ніяким іншим способом побачити не можна. Такі спостереження проводять на тлі великих «зоряних полів» — наприклад, Магелланових Хмар, і кілька разів астрономам вдавалося зафіксувати таємничі масивні об'єкти, що переміщувалися в просторі між Сонячною системою й галактикою-супутником Чумацького Шляху.

П'ЯТЬ ВІДСОТКІВ ВІДОМОГО

Астрономи недарма вдаються до таких витончених, трудомістких і тонких методів спостереження, як мікролінзування. Справа в тому, що, незважаючи на величезні успіхи в розвитку науки про Всесвіт, тепер достеменно відомо, що нам про нього... відомо дуже й дуже мало.

До кінця 20 століття з'ясувалося, що Всесвіт на один відсоток складається із зірок, на чотири відсотки з міжгалактичного газу й на дев'яносто п'ять відсотків із невідомо чого. Це «невідомо що» називають прихованою масою, «темною матерією», і за цими термінами ховаються астрономічні об'єкти, недоступні для прямого спостереження за допомогою засобів сучасної астрономії. Вони не випускають електромагнітного й нейтринного випромінювання такої потужності, щоб їх можна було виявити, але їхнє існування підтверджується побічно — гравітаційними впливами на видимі об'єкти.

ОМАНЛИВА «ПРИХОВАНА МАСА»

Ще у 1937 р. швейцарський астроном Фріц Цвіккі (1898—1974 рр.), що працював в обсерваторії Маунт-Паломар, на основі спостережень за скупченням галактик у сузір'ї Волосся Вероніки прийшов до дивного висновку: маса галактик на основі спостережень виявилася значно нижчою за їх масу, розраховану на основі швидкостей руху членів скупчення. І не просто нижчою, а приблизно в 500 разів. Це означало, що якщо скупчення у Волоссі Вероніки дійсно складається тільки з тих галактик, які ми бачимо в телескоп, воно давним-давно повинне було б розсіятися просторами Всесвіту. Отже, у скупченні присутня «прихована маса», яку не вдається виявити.

У другій половині 20 століття, з розвитком рентгенівської астрономії, було виявлено рентгенівське випромінювання гарячого газу, що заповнює простір між галактиками. Частина «прихованої маси» «знайшлася» — але всього лише 20 відсотків, а все інше так і залишилося невидимим і невідомим.

Дослідження зображень, що створюються гравітаційними лінзами в скупченнях галактик, дозволяє визначити також і властивості самих лінз, зокрема, їхні розміри й масу. При цьому з'ясувалося, що маси, що створюють поля тяжіння й викривляють світлові промені, тягнуться далеко за межі видимих меж галактик, що утворюють лінзу.

Ця незвичайно викривлена галактика перебуває на відстані 165 млн світлових років від нас у сузір'ї Кентавра. Це складна система, що складається із двох частин: сплюсненого зоряного диска з яскравим центральним ядром і розрідженого, сильно нахиленого кільця газу, пилу й зірок. Причому зірки диска й зірки кільця рухаються в різних напрямках і в майже перпендикулярних площинах. Усі ці «перекручування» свідчать про близьку присутність «темної матерії» — невидимого джерела гравітації

«КЛЕЙ» ДЛЯ ГАЛАКТИК

Ще одна невідповідність виявилася при дослідженні обертання спіральних галактик — у тому числі й нашого Чумацькому Шляху. Якщо припустити, що вся маса галактик зосереджена в речовині, що «дає про себе знати» своїм випромінюванням: у зірках і міжзоряному газі й пилу, то швидкості руху зірок навколо центра галактики повинні зменшуватися в міру віддалення від центра обертання.

Насправді ж нічого подібного не відбувається — кутові швидкості зірок не тільки не зменшуються, але й у деяких випадках навіть зростають. Таке явище може спостерігатися тільки в тому випадку, якщо навколо галактики існує надмасивне гало (у формі кільця або тора) з речовини, що не випускає ніяких відомих видів випромінювання — тобто невидима.

Як і у випадку зі скупченнями галактик, «прихована маса» «склеює» зірки в галактики й не дозволяє їм «розбігатися» — розрахунки показали, що власної маси зірок і міжзоряного газу для цього недостатньо.

ДЕ ХОВАЄТЬСЯ «ТЕМНА МАТЕРІЯ»

Невидимі об'єкти, що мають «приховану масу», можуть мати різну природу. Частина з них — це космічні тіла, які в силу своєї природи ніяк себе не проявляють в області випромінювання — великі планети типу Юпітера, карликові зірки, що витратили запаси «ядерного палива» і перестали світити, нейтронні та кваркові зірки, «чорні діри» невеликих розмірів.

Але цього мало, щоб пояснити грандіозні космічні процеси, які відбуваються за участю «прихованої маси». Фахівці не виключають, що «темна матерія» може виявитися речовиною, що складається з елементарних часток, які нам поки ще невідомі. Ці частки не взаємодіють зі звичайною матерією й поводяться зовсім інакше, ніж електрони, протони або нейтрони. Фізики-теоретики вважають, що такі частки цілком можуть існувати, але умови їхнього виникнення настільки відрізняються від тих, які можна створити в лабораторії, що перевірити це припущення ми не будемо мати можливість ще досить довгий час.

Відповідно до розрахунків космологів, кількість «темної матерії» набагато більша за ту, що доступна для спостереження за допомогою приладів.

Однак не слід вважати, що ми взагалі надто мало знаємо про Всесвіт. Існування «темної матерії» ніяк не впливає на достовірність усього, що відомо вченим про видиму частину Всесвіту.

ЦІКАВО

На роль «атомів» «темної матерії» сьогодні претендують вімпси — масивні частки, що слабо взаємодіють, не беруть участі у звичайних взаємодіях, але створюють гравітаційні ефекти. За припущеннями теоретиків, такі частки можуть групуватися в кулі «темної матерії» діаметром близько 20 см, які при цьому будуть мати масу близько мільярда тонн.

ДИВНІ ЗІРКИ

Чим масивніша зірка, тим дужче вона горить, тим сильніше світить і менше живе. У ході термоядерних реакцій водень у центрах таких зірок перетворюється на гелій, потім гелій — на вуглець, кисень, азот, і так аж до заліза. Коли досить масивна зірка завершує свою еволюцію, у її центрі утворюється ядро, що складається з важких елементів. Нарешті настає момент, коли це ядро втрачає стійкість і починає катастрофічно стискуватися — колапсувати. Центральна частина ядра перетворюється на надщільний об'єкт — нейтронну зірку, а оболонка зірки й зовнішніх частин ядра викидається в простір. Відбувається вибух наднової.

У вільному стані нейтрон є нестійкою часткою і в середньому через 15 хв розпадається. Але якщо помістити нейтрон у вироджений газ, то всі місця для часток, на які він «хотів би» розпастися, виявляються зайнятими, і частка стає стійкою. Для цього необхідний дуже високий тиск, який у надрах нейтронної зірки створює її власна гравітація.

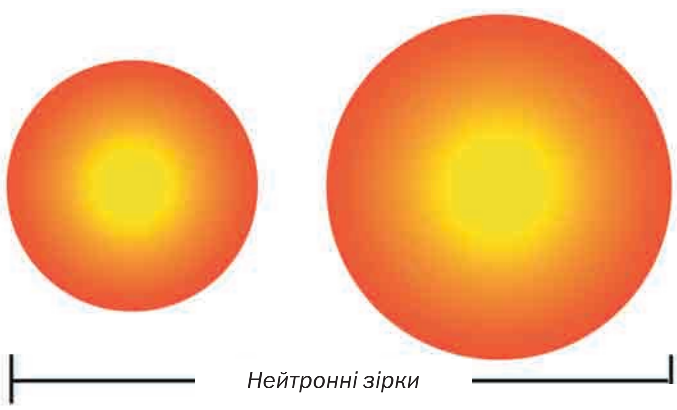
Як поводиться речовина з такою високою щільністю, поки відомо не дуже добре. А якщо щільність продовжує зростати, то з нейтронною зіркою починають відбуватися ще більш дивні речі — нейтронна матерія починає перетворюватися на кваркову.

СВІТЛО НА ОРБІТІ

Кварки — дрібні елементарні частки, які поки нікому не вдалося спостерігати у вільному стані. Із кварків складаються більші частки — зокрема, протони й нейтрони. Кварки мають різні властивості — сьогодні фізики налічують 6 різних «сортів» кварків. Коли в центрі нейтронної зірки нейтрони опиняються впритул один до одного, кварки одержують можливість переходити в сусідні нейтрони, тобто вільно переміщуватися, і речовина перетворюється на кварковий газ із щільністю біля мільярда тонн у кубічному сантиметрі.

Кваркові зірки (а в астрономів уже є кандидати в цю категорію незвичайних космічних об'єктів) мають ще менший радіус, ніж нейтронні,— від кількох сотень метрів до 3—4 км. У зоряній класифікації вони займають місце між нейтронними зірками й «чорними дірками». Гравітація кваркових зірок повинна бути така велика, що випромінене ними світло не йде з їхньої поверхні, а рухається по орбіті навколо зірки, подібно до природних і штучних супутників планет. Одна з подібних зірок була відкрита за допомогою космічного телескопа «Чандра» в 2002 р. усього за 150 світлових років від Землі.

Нейтронні і кваркової зірки при незначних за космічними мірками розмірах мають масу, що перевершує масу Сонця



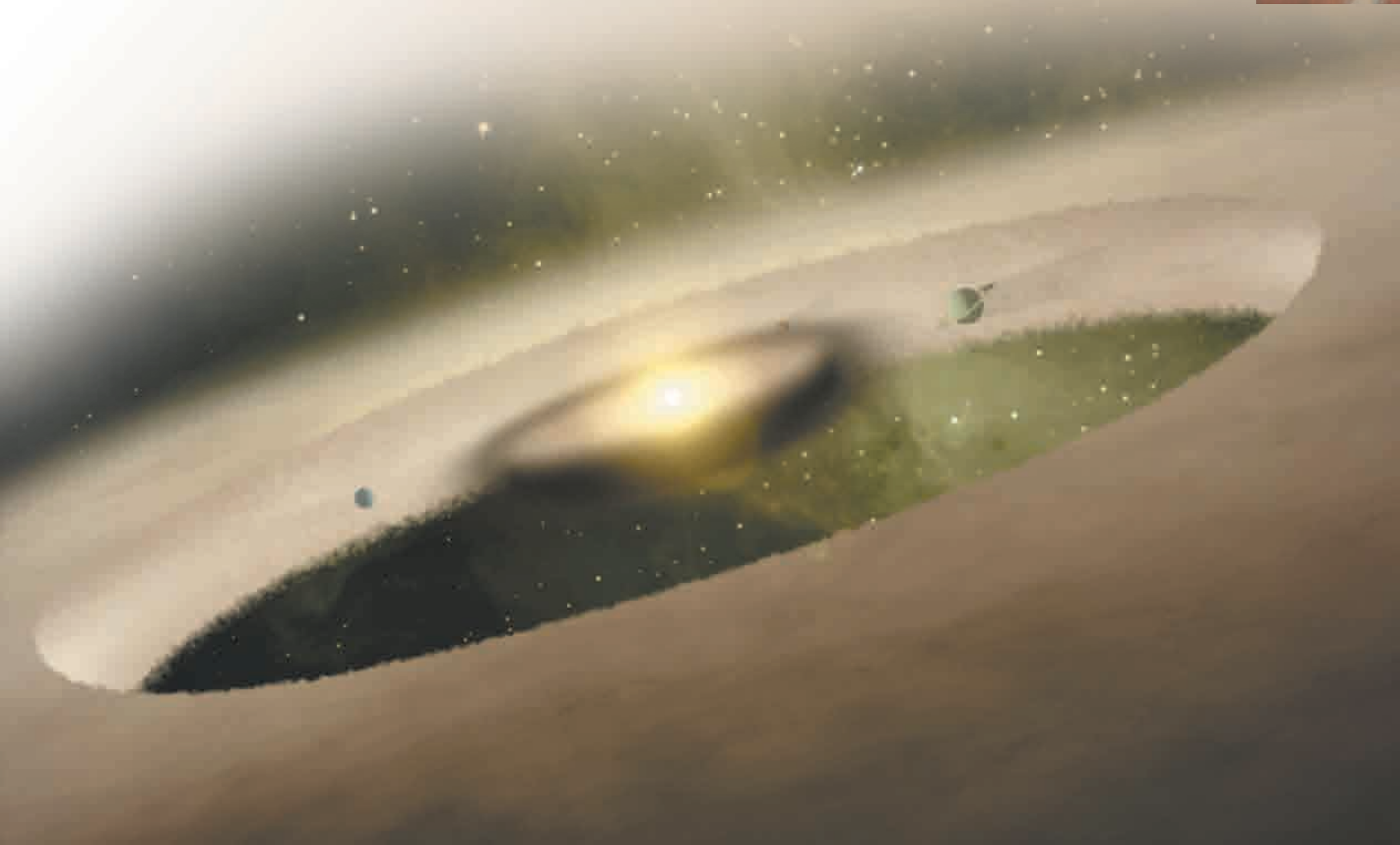
МИНУЛЕ ВСЕСВІТУ

Будь-яке дослідження, будь-яке спостереження, будь то спостереження дитини за кішкою, фізика — за тим, як розщеплюється ядро атома, або астронома, що стежить за неймовірно далекою галактикою — усе це спостереження за Всесвітом, вірніше — за його окремими частинами. Кожна із цих частин є предметом вивчення для природничих наук, а Всесвітом як єдиним цілим займається космологія — наука, що виникла на стику астрономії й фізики.

Астрономічні спостереження дозволили встановити факт розширення Всесвіту й точно визначити його вік. Рухаючись у минуле, за допомогою точних математичних методів і фізичних теорій космологам удалося описати первісний стан Всесвіту й перші етапи його існування, хоча багато процесів, що відбувалися в ті віддалені часи, не вкладаються в рамки звичних фізичних законів. Деякі філософи, учені й релігійні діячі говорять про Великий Вибух як про момент «створення» Всесвіту, однак у наш час з'являється усе більше доказів на користь того, що Всесвіт ніколи не виникав, а існував вічно й буде існувати вічно — змінюються лише його форми й прояви.

Сьогодні головні зусилля космологів-теоретиків і астрономів-спостерігачів зосереджені на визначенні точних розмірів Всесвіту, на історії його розвитку від перших моментів після Великого Вибуху і до наших днів, на особливостях розширення Всесвіту і встановленні космологічної шкали відстаней.

Багато чого ще залишається неясним і спірним, адже майже вся інформація про Всесвіт, що в нас є сьогодні, отримана непрямим шляхом. Тому таку величезну важливість здобуває створення все потужніших засобів спостереження за об'єктами у віддалених частинах світобудови й пошуки підтверджень теоретичних припущень учених.



ДУЖЕ ВЕЛИКА СТРУКТУРА

Уже на початку 20 століття стало відомо, що зірки групуються в зоряні скупчення, які, у свою чергу, утворюють галактики. Пізніше були виявлені скупчення і надскупчення галактик. Вивчаючи розподіл зірок і зоряних скупчень по небесній сфері, астрономи давно виявили, що воно неоднорідне. Так, майже всі близькі кульові скупчення згрупувалися в області із центром у сузір'ї Стрільця, а щільність «зоряного населення» нашої Галактики збільшувалася в площині її диска і в міру наближення до ядра.

Але в більших масштабах — порядку одного мільярда світлових років — виявилося, що Всесвіт майже однорідний, і нових рівнів космічної ієрархії, відкриття яких з нетерпінням прагли дослідники, не існує.

ВСЕСВІТ НА КАРТІ ТА В МОДЕЛЯХ

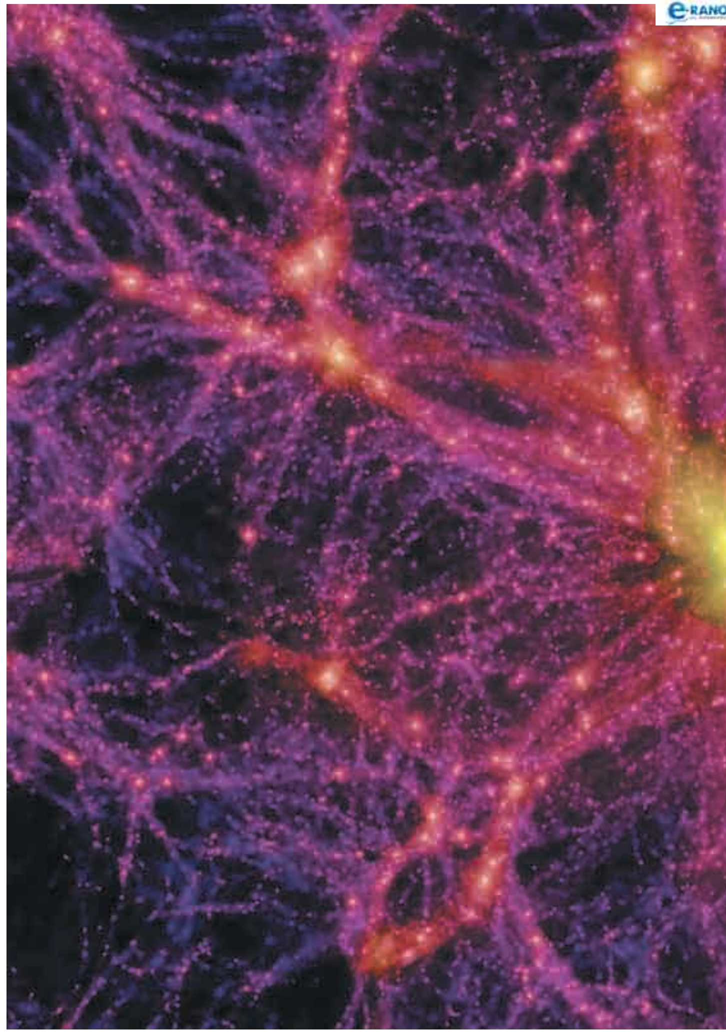
Якщо помітити на карті небесної сфери не зірки, а відомі на сьогоднішній день астрономам галактики, утвориться картина, зовсім не схожа на зоряні карти з їхніми сузір'ями. За рідкісними винятками ніякої концентрації галактик у вигляді «смуг» або «згущень» ми не побачимо. У той же час не вийде й суцільного поля, рівномірно покритого точками, що зображують галактики. Перед нами відкриється щось на зразок сітки з окремих точок, що утворюють «вузли» й «волокна», між якими залишаться величезні ділянки, що практично не містять точок. І що цікаво — розміри «чарунок» цієї сітки практично однакові по всій небесній сфері, якими б не були відстані до них.

Не можна сказати, що галактики розподілені по всьому Всесвіту рівномірно. Якщо підрахувати кількість галактик у кожному «кубику» розміром у п'ять мільйонів світлових років, то вона виявиться різною. У більшості таких «кубиків» галактик не виявиться взагалі. Але якщо «вирізати» у будь-якому місці Всесвіту куб зі стороною 500 млн світлових років, то в ньому виявиться приблизно однакова кількість галактик. Тому, говорячи про однорідність Всесвіту, мають на увазі однорідність у найбільшому масштабі.

«ВУЗЛИ» І «ЧАРУНКИ»

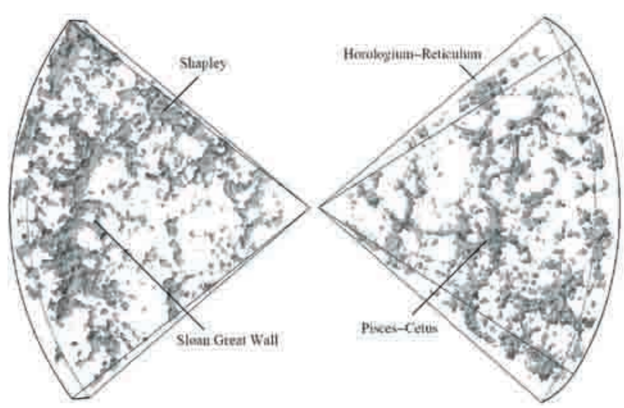
Питання про крупномасштабну структуру Всесвіту — одне з найскладніших у космології й астрофізиці. Багато чого тут поки що незрозуміло, існує безліч теорій, часто протилежних одна до одної. За найсучаснішими уявленнями Всесвіт являє собою сукупність досить плоских «аркушів», розділених областями, у яких практично немає світної матерії. Ці ділянки (астрономи називають їх войдами — від англійського слова voids — «порожнечі») мають розмір близько 500 млн світлового років.

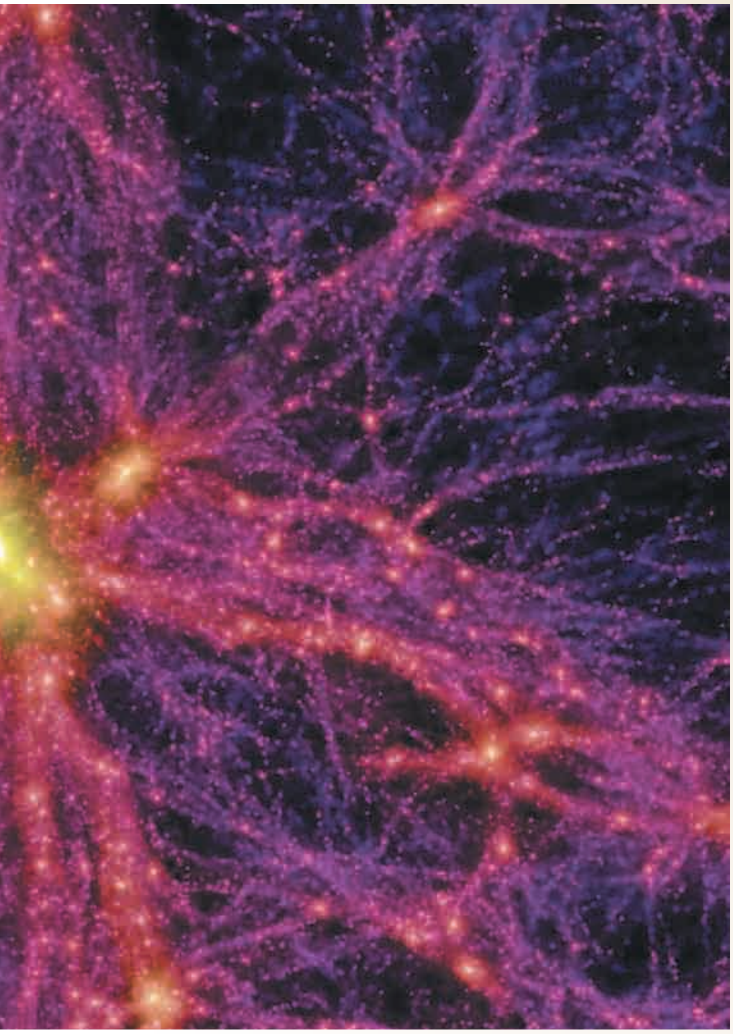
Першим «аркушем», що вдалося виявити астрономам, стала так звана Велика стіна, що розміщується за 200 млн світлових років від



Великомасштабна структура Всесвіту

Контурна карта, створена в результаті обробки даних цифрового огляду більш ніж 200 тис. галактик. Ліворуч добре видима Велика стіна Слоуна, праворуч — надскупчення Шеплі





тому що хмари пилу й газу Молочного Шляху закривають від нас значну частину Великої стіни.

Астрономи вважають, що такі структури, як Велика стіна, являють собою суміш «темної» й нормальної матерії, причому саме «темна матерія» визначає структуру Всесвіту в найбільших масштабах.

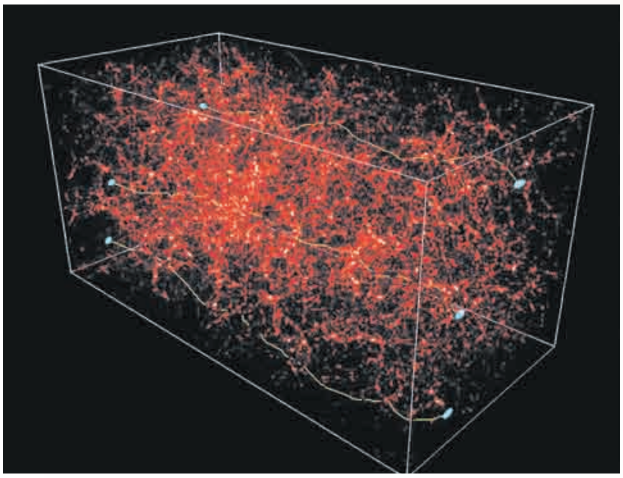
Ще один грандіозний «аркуш» — Велика стіна Слоуна. Це величезна група галактик, розташована на відстані 1 млрд світлових років від Землі й простягається на 1,37 млрд світлових років. Велика стіна Слоуна майже в три рази більша від Великої стіни, що до початку 21 століття вважалася рекордсменом за довжиною.

Практично все світло у Всесвіті зосереджене у «вузлах» і «волокнах» його чарункової структури. У місцях перетину волокон — «вузлах» — розташовані надскупчення галактик, а у войдах на перший погляд порожньо. Однак комп'ютерне моделювання показало, що кожний войд схожий на Всесвіт у мініатюрі — його наповнює «темна матерія», що утворює таку ж структуру з волокнами й меншими за розмірами войдами. Крім того, там блукає чимало карликових тьмяних галактик, яких ми просто не бачимо, і газових хмар, які так і не перетворилися на галактики.

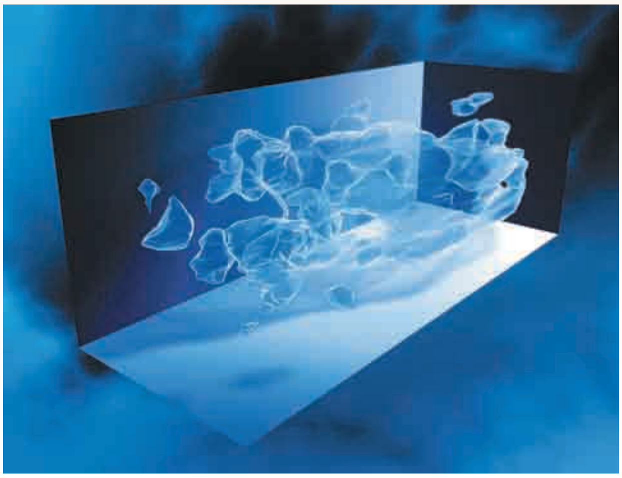
Чарункова структура видимого Всесвіту виникла в часи, що тривали безпосередньо після Великого Вибуху. Яким би не був стан матерії в той момент, у ній неминуче повинні були виникнути неоднорідності — флуктуації. Такі неоднорідності виникали всюди, а розширення Всесвіту призводило до росту осередків і ущільнення «вузлів». Аналіз цього процесу за допомогою комп'ютерів показав, що для цього не було потрібно нічого, крім сил тяжіння, які властиві всім тілам, що володіють масою.

нас. Це видима «зверху» оладкоподібна структура з галактик, що розташована на відстані приблизно 200 млн світлових років від нас, має 300 млн світлових років у ширину і 15 млн світлових років «у товщину». Цей «супероб'єкт» був відкритий зовсім недавно — в 1989 р. Дотепер повністю не відомі його істинні розміри,

Комп'ютерна модель розподілу «темної матерії» у Всесвіті. Світлими лініями показані промені світла від далеких галактик, викривлені гравітацією «темної матерії»



Ще одна комп'ютерна модель розподілу «темної матерії» у Всесвіті



Строматоліти — скам'янілі залишки колоній найдавніших ціанобактерій, що населяли Землю близько 4 млрд років тому. Завдяки цим живим істотам в атмосфері Землі з'явився кисень

Мушля хижого молюска амоніта. Молюски з'явилися майже мільярд років тому і протягом 300 млн років панували в земних водоймах

Найдавніший слід людини, що зберігся — йому 1,7 млн року. Наш предок у цей час уже твердо став на задні кінцівки, навчився створювати найпростіші знаряддя й навіть будувати житло

ДО ПИТАННЯ ПРО ІСТОРІЮ

До межі 19—20 століть астрономи накопичили достатньо спостережень і відкрили основні закони руху небесних тел. Як і в усякій справжній науці, настала пора осмислення результатів. Стало цілком очевидно: те, що ми бачимо на небі, не з'явилося з нічого — а виходить, Всесвіт має свою історію. Як, коли й чому він виник, які етапи пройшов у своєму розвитку, як виглядав у минулому, і що було до Великого Вибуху?

Істину про Всесвіт люди шукали й тоді, коли Сонце й Місяць вважалися богами, і в епоху Просвітництва, коли геніальний філософ і дослідник природи Іммануїл Кант висунув гіпотезу походження Сонячної системи, багато в чому ґрунтуючись на інтуїтивних здогадах і міркуваннях, і на початку 20 століття, коли астрономи, озброївшись теорією відносності й квантовою механікою, здійснили прорив у минуле нашої світобудови. Ці пошуки тривають і в наші дні, коли надзвичайно розширився арсенал засобів та інструментів пізнання, що використовуються астрономами.

Одним із найважливіших принципів сучасної науки є історизм. Ні, мова тут іде не про історію як науку, що займається минулим людського суспільства, письмовими джерелами й археологічними артефактами. В галузі природничих наук історизм проявився в першу чергу в біології й геології. Так, геологи встановили послідовність зміни й тривалість геологічних епох у житті нашої планети, розробили способи датування шарів гірських порід за вмістом у них радіоактивних елементів і продуктів їхнього розпаду. Досліджуючи живі організми, біологи вже в середині 19 століття зрозуміли, що будь-яке явище в цій галузі необхідно розглядати як результат тривалого розвитку природного середовища. Основна праця видатного вченого Чарлза Дарвіна (1809—1882 рр.) недарма зветься «Походження видів» і присвячена еволюції тварин і рослин разом із природним середовищем і під дією його зміни. У 20 столітті стало остаточно ясно й те, що людина — результат тривалої еволюції органічної матерії, що має свою історію.

Наша планета та її минуле доступні для дослідження. Інша справа — небесні тіла і Всесвіт у цілому. Гігантські відстані й величезні проміжки часу, у порівнянні з якими вся історія людської цивілізації — лише коротка мить, роблять це завдання неймовірно складним. І все-таки допитливий розум дослідників зумів виявити в нині існуючому Всесвіті сліди його минулого.

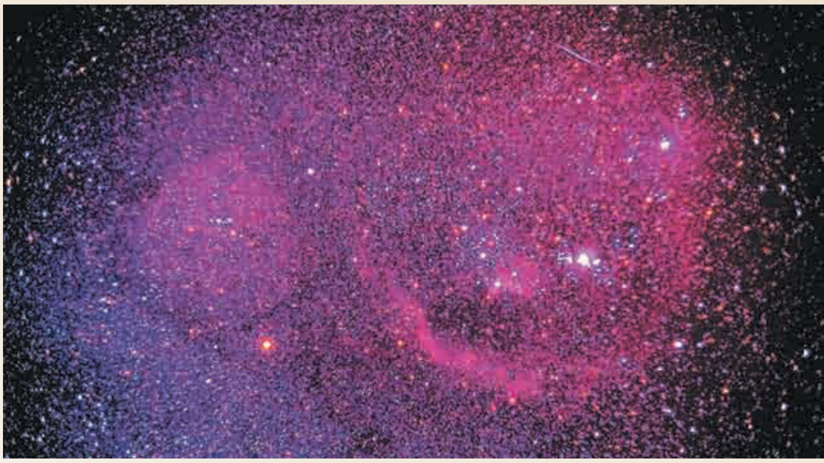
Ці відомості доводиться збирати по-крихтам. Ми не можемо спостерігати за життям окремої зірки, що триває мільярди років, але бачимо величезну кількість зірок, які перебувають на різних етапах існування — молодих, таких, що перебувають на головній послідовності, таких, що старіють і повністю витратили запас енергії. Це допомагає вибудувати достовірну «біографію» зірки.

Однак планетна система нам добре відома тільки одна — наша власна, хоча й інші зірки нерідко оточують газопилові диски, з яких, напевно, згодом утворяться планети. Спостерігаючи за тим, що в них відбувається, ми наче повертаємося в минуле Сонячної системи.

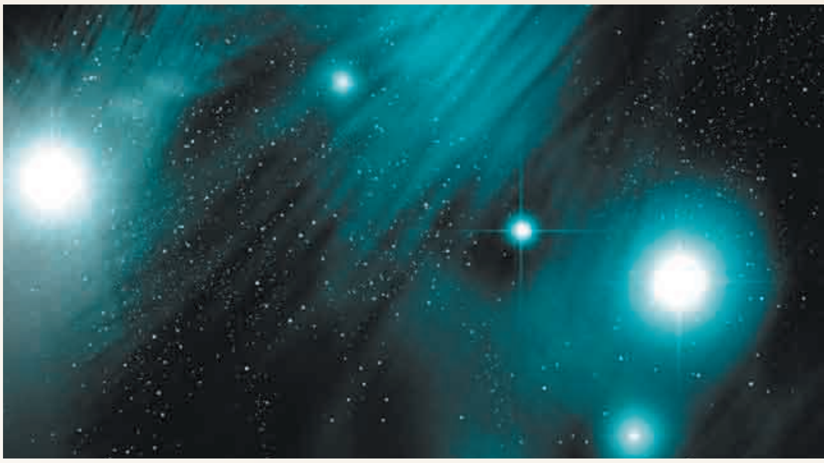
Головне джерело наших відомостей про світ небесних тіл — світло. Воно приходить до нас, долаючи безодні відкритого космосу. І хоча швидкість світла дуже велика, її величина кінцева, а виходить, потрібен якийсь час, щоб світло досягло Землі. Для планет Сонячної системи цей час вимірюється хвилинами або навіть годинами, але для далеких галактик — сотнями мільйонів і мільярдами років. Тому ми бачимо їх такими, якими вони були в далекому минулому.

У наші дні астрономи остаточно переконалися в тому, що в будь-якому куточку Всесвіту діють ті ж самі фізичні закони, які можна описати тими самими математичними рівняннями. Більш того — дуже імовірно, що ці ж самі закони діяли і в давнину, коли Всесвіт був набагато «молодший» і в ньому існували зовсім інші умови.

Така впевненість дозволяє вченим створювати моделі поведінки великих і малих космічних об'єктів, включаючи й періоди їх виникнення. Ці моделі опираються на відомі фізичні закони, і нерідко нові результати астрономічних спостережень підтверджують їхню обґрунтованість і точність.



Скупчення галактик у сузір'ї Волосся Вероніки розташоване за 350 млн світлових років від Землі



Лінзоподібна галактика Центавр А — одна із найяскравіших і найближчих до нас. 12 млн років потрібно світловому променю, щоб дістатися звідти околиць Сонячної системи

Щоб донести інформацію про зміни в атмосфері Юпітера, світловому променю потрібно 35 хвилин

ВІН РОЗШИРЮЄТЬСЯ!

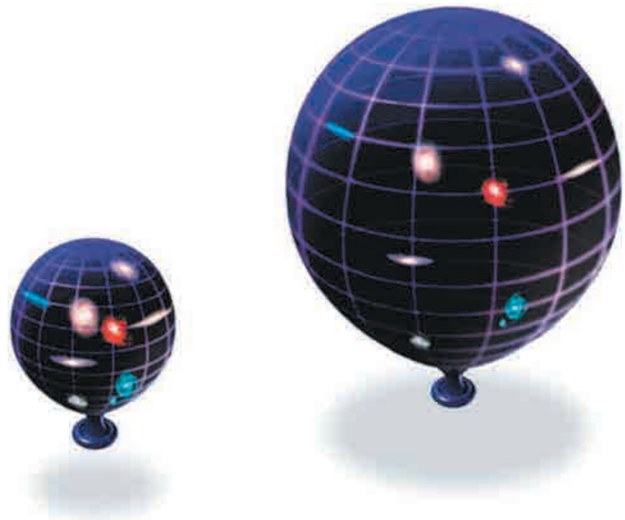
Широко відомо фізичне явище: коли джерело звуку наближається до «слухача», його частота зростає, коли ж він починає віддалятися, тон звуку знижується навіть у тому випадку, коли його частота не змінилася. Це так званий ефект Допплера.

Світло — теж коливання, але не механічні, а електромагнітні, але ефект Допплера проявляється і в цьому випадку. Для видимого світла зниження частоти означає зміну кольору: чим нижча частота, тим більша довжина хвилі і тим «червоніше» світло. У тому випадку, коли джерело світла віддаляється від спостерігача, всі лінії його спектра зміщуються в червоний бік.

На сторінках цієї книги ми чимало говорили про таке явище, як «червоний зсув». Його існування в спектрах далеких галактик було вперше підтверджене спостереженнями Е. Хаббла в 1927 р. Більше того: астрономові вдалося виміряти відстань до деяких галактик і встановити, що чим далі від нас розташована галактика, тим більший «червоний зсув» у її спектрі і тим швидше вона від нас віддаляється.

І ЗНОВУ «ЦЕНТР СВІТОБУДОВИ»

Може здатися, що раз вже галактики «розбігаються» в усі боки від спостерігача, що розміщується на Землі, цей спостерігач перебуває в самій середині світобудови. Невже Земля й справді займає центральне місце у величезному Всесвіті?

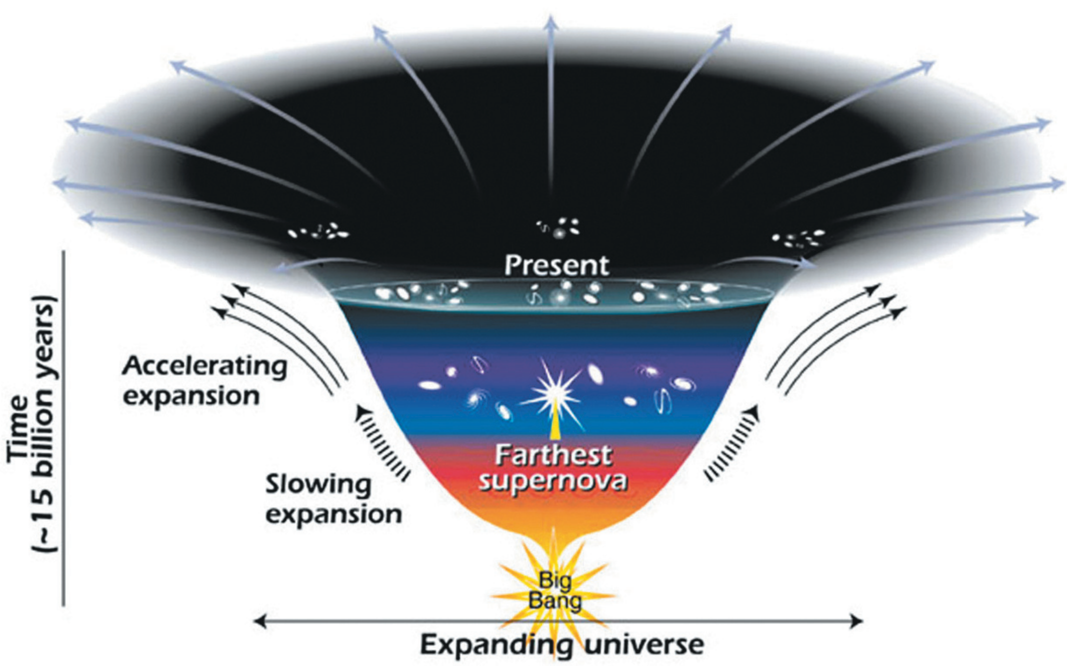


Найпростіша модель Всесвіту, що розширюється. Точки на поверхні сфер — місце розташування галактик

Насправді це не так. Дослідження характеру цього руху і його залежності від відстані показало, що галактики «розбігаються» і одна відносно одної. Тобто весь Всесвіт у кожній своїй точці перебуває в стані безперервного розширення. Не такого, яке виникає під час вибуху, коли осколки з однієї точки розлітаються в усі боки. Спробуйте уявити, що розлітаються не галактики, а простір між галактиками. Вийшло?

Якщо ні, то найпростішою моделлю може служити мильна булька або гумова повітряна кулька, що повільно надувається, і на поверхню якої точ-

Мильна булька також може служити моделлю Всесвіту, що розширюється. З картини Ж.-Б. Шардена



ками нанесене положення галактик. У міру того, як кулька роздувається, точки все далі відходять одна від одної. При цьому вони не рухаються в напрямку до чогось або від чогось. «Розбігання» відбувається винятково за рахунок розширення поверхні, на яку точки нанесені.

Уявімо собі істот, які живуть у світі, де існує всього два виміри — довжина й ширина. Увесь їхній Всесвіт — це поверхня. І якби вони жили на поверхні кульки, що надувається, те «надування» і стало б для них розширенням Всесвіту. Всі відстані збільшуються, а центра розширення, який могли б побачити «двовимірні» спостерігачі, у їх Всесвіті немає.

Ще одна особливість такого світу: у якому б напрямку не вирушили двовимірні істоти, вони ніколи не зможуть досягти межі свого Всесвіту — її просто не існує, хоча площа поверхні кульки має скінченну величину і вимірюється конкретним числом квадратних сантиметрів. Так скінченне може стати безмежним і нескінченним.

ЕЙНШТЕЙН ЗДИВУВАВСЯ

Звичайно, приклад із надувною кулькою — усього лише аналогія з реально існуючим тривимірним простором. Подібних областей немає у Всесвіті. Однак і тривимірний простір здатний «розтягуватися» — це випливає із загальної теорії відносності Ейнштейна. Розв'язуючи рівняння, що описують у найбільш загальному вигляді поводження матерії у Всесвіті (задовго до відкриттів Е. Хаббла), сам творець теорії виявив, що Всесвіт може виявитися нестабільним — постійно мінливим. Здивувавшись і не повіривши в таку можливість, Ейнштейн увів у свої рівняння довільний член, що наче забезпечував «стійкість» світобудови — на папері, а не насправді. А російський астрофізик і математик О. Фрідман через кілька років одержав рішення без цієї величини і прийшов до висновку, що Всесвіт просто зобов'язаний або розширюватися, або стискуватися.

Схема послідовного розширення Всесвіту

ЦІКАВО

Учені дотепер не прийшли до єдиної точки зору — скінченний Всесвіт у просторі чи нескінченний. Та його частина, яку ми можемо спостерігати, без сумніву, скінченна, оскільки скінченна швидкість світла й доведений факт Великого Вибуху — початкового моменту існування Всесвіту. Межею Всесвіту сьогодні вважається відстань у 93 млрд світлових років. А спостерігати ми можемо приблизно одну десяту його об'єктів — інші розміщуються від нас занадто далеко.

Що й відбувається насправді. Однак хоч ми й бачимо, як далекі галактики «розбігаються», це зовсім не означає, що ми розташовані в центрі Всесвіту, що розширюється; з таким же успіхом будь-яку точку на поверхні повітряної кульки, що роздувається, можна вважати її центром. Таким чином, Всесвіт просто збільшується в розмірах.

ТІЛЬКИ ВПЕРЕД?

Модель Всесвіту, що розширюється, описує сам процес його розширення, не ставлячи собі питання: коли й чому Всесвіт почав розширюватися. Ще більш цікаве питання: а чи не зміниться рано чи пізно його розширення стисненням? Теоретично це цілком можливо, але залежить від певних умов. Насамперед — від середньої густини речовини, що зараз продовжує розлітатися. Якщо ця густина досить велика, то зрештою сили гравітації здолають інерцію розльоту галактик і почнеться стиснення. Якщо мала — їх «розбігання» буде тривати нескінченно.

Загальна маса видимої речовини нашого Всесвіту була підрахована, і виявилося, що її недостатньо, щоб зупинити розширення. Але є ще й «темна матерія», загальну кількість якої оцінити набагато складніше.

Так що питання залишається відкритим. Але якщо стиснення Всесвіту все-таки почнеться, зрештою він досягне своїх первісних розмірів і «сплюсneться».

«БІГ БЕНГ»

Так звучить англійською словосполучення «Великий Вибух». Уперше цей термін використав в одній зі своїх лекцій видатний астроном і письменник Фред Хойл, позначивши ним момент початку розширення Всесвіту.

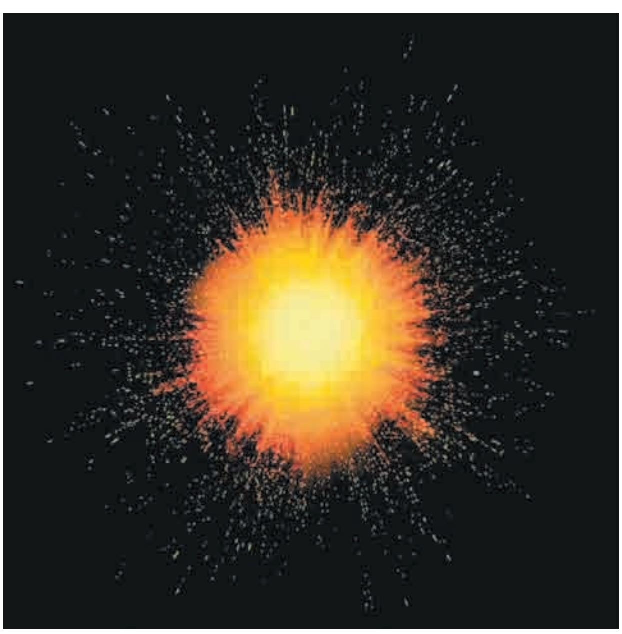
Знаючи швидкості «розлітання» галактик, не так вже і складно визначити момент, коли воно почалося. За найточнішими оцінками, це сталося приблизно 13,73 млрд років тому. Саме тоді матерія, з якої згодом виникли всі об'єкти Всесвіту, одержала ту швидкість, з якої вона і сьогодні продовжує розлітатися. А до того вся матерія перебувала в надзвичайно малому об'ємі і в такому стані, про який сучасні фізики можуть тільки здогадуватися. Учені називають його сингулярністю — особливим станом, для якого характерні нескінченно велика густина і температура речовини.

Існування сингулярності було математично строго доведене ще 1967 р. Стівеном Хокінгом. Однак головна проблема в іншому — ніякі дані про те, що відбулося після Великого Вибуху, не можуть нам дати ніякої інформації про те, що відбувалося до цього.

НАРОДЖЕННЯ ПРОСТОРУ Й ЧАСУ

«Великий Вибух» — усього лише образний вислів, що не описує істинну картину того, що відбулося в момент виникнення Всесвіту. Вибух у фізичному сенсі слова — це різке підвищення тиску й температури газу, що поширюється в навколишньому середовищі. Нічого подібного до вибуху вже існуючої «брили» речовини у вакуумі тоді не відбувалося. Насамперед тому, що простору поза Всесвітом взагалі не існує. Великий Вибух варто розглядати як таку подію, у результаті якої виникла не тільки речовина, але й простір.

Великий Вибух в уявленні художника



Наукова картина «створення світу» виявилася глибшою і набагато складнішою від тієї, що описана в Біблії, тому що вона зображує не тільки створення матерії, але й простору, і навіть... часу. Тому Великий Вибух — це не грандіозна подія, що відбулася у Всесвіті, це самозародження Всесвіту — цілком і буквально «з нічого».

Багато спеціалістів-космологів переконані, що часу до Великого Вибуху не існувало, тому нема рації говорити про те, що було «до того». Один із головних уроків нової фізики полягає в тому, що простір і час існують не самі по собі, а становлять невід'ємну частину фізичного світу. І якщо Великий Вибух ознаменував народження фізичного світу, то простір і час виникли саме в момент Великого Вибуху.

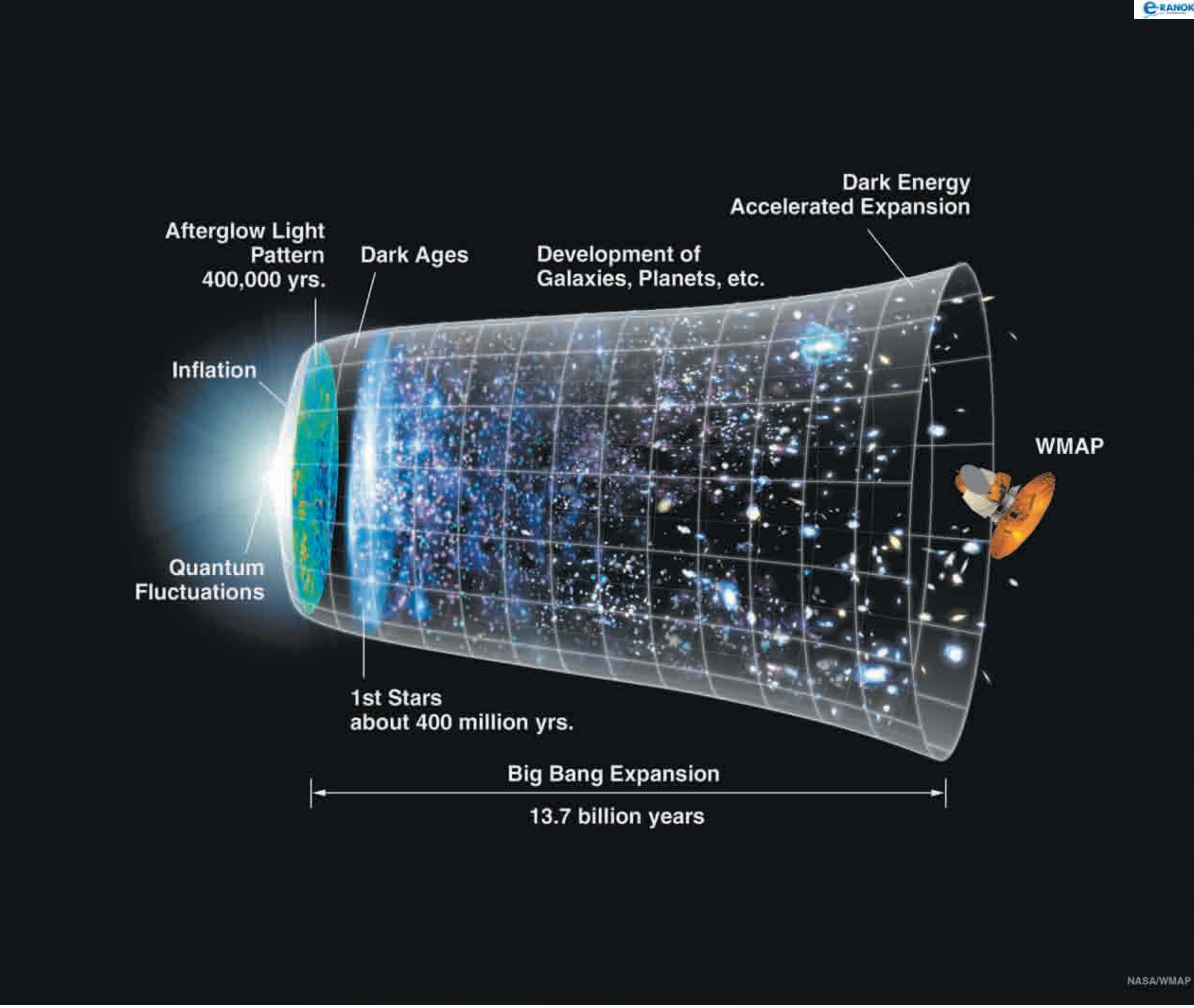
Між іншим, ідея ототожнення моменту народження Всесвіту з початком часу далеко не нова. Ще в 4 столітті н. е. Святий Августин, найбільший християнський філософ і богослов, писав: «Світ створений із часом, але не в часі».

ПІСЛЯ СИНГУЛЯРНОСТІ

Звичайну фізику неможливо використати для опису стану сингулярності. Опису піддається лише період, що настав через 10—40 с після початку Великого Вибуху, коли середня температура й густина речовини почали поступово знижуватися й виникла гравітація. У цей момент ранній Всесвіт являв собою однорідне середовище з надзвичайно високою щільністю енергії, температурою й тиском.

У результаті подальшого розширення й охолодження у Всесвіті відбулися явища, що віддалено нагадують конденсацію рідини з газу, однак мова йде не про атоми, яких ще не існувало, а про дрібні елементарні частки — кварки і глюони, які утворили щось на зразок розпеченої плазми. На наступному етапі кварки і глюони об'єдналися, утворивши більш складні й масивні протони й нейтрони. Одночасно відбувалося утворення і речовини, і антиречовини, які взаємодіяли, перетворюючись на випромінювання.

Подальше зниження температури Всесвіту призвело до утворення елементарних часток у їхній сучасній формі. Потім наступила епоха



Розвиток всесвіту після Великого Вибуху

синтезу атомних ядер, при якій протони, поєднуючись із нейтронами, утворили ядра дейтерію й гелію. Поступово гравітація стала головною силою у Всесвіті а через 380 тис. років після Великого Вибуху температура знизилася настільки, що стало можливим існування атомів водню.

Із цього моменту матерія стала прозорою для випромінювання, що, вільно поширюючись у просторі, існує й сьогодні у вигляді реліктового випромінювання.

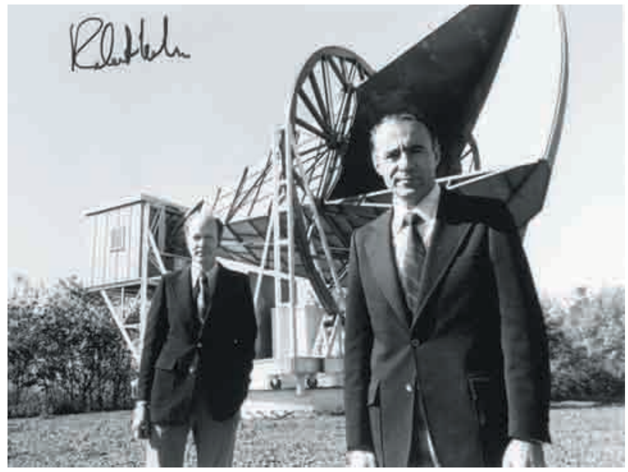
Дотепер залишається чимало питань, на які теорія Великого Вибуху не дає відповіді, однак її основні положення підтверджуються експериментальними даними. Справа часу — з'ясувати деталі величної картини народження нашого світу.

ЦІКАВО

Із моменту Великого Вибуху Всесвіт почав розширюватися. Потім утворилися зірки, галактики, туманності й планети. Розширення відбувається дотепер. До останнього часу переважала точка зору, відповідно до якої немає ніяких способів «заглянути» за сингулярність. Однак серед астрономів знайшлися «інакомислячі», які думають, що по всьому нашому Всесвіті розсіяні сліди, що підтверджують існування Всесвіту... по той бік Великого Вибуху. Розроблена навіть математична модель Всесвіту, що існувала до нашого Всесвіту, але, на відміну від нього, була «стискувальною». Досягши надщільного стану, вона «спалахнула» у Великому Вибуху, породивши наш Всесвіт.

У ГАРЯЧУ ЕПОХУ

Зі шкільного курсу фізики відомо, що газ, розширюючись, охолоджується. Приблизно те ж саме відбувалося і з речовиною раннього Всесвіту. Якщо зараз її середня температура невисока, то в перші кілька мільярдів років існування Всесвіту вона була надзвичайно високою. Першим, кому ця ідея спала на думку, був відомий американський фізик-теоретик і астрофізик, уродженець Одеси Георгій Гамов. У 1948 р. була опублікована його робота, присвячена «гарячому Всесвіту», що опиралася на широко відому на той час теорію Всесвіту, що розширюється, О. Фрідмана.



Арно Пензіас і Роберт Вілсон — першовідкривачі реліктового випромінювання

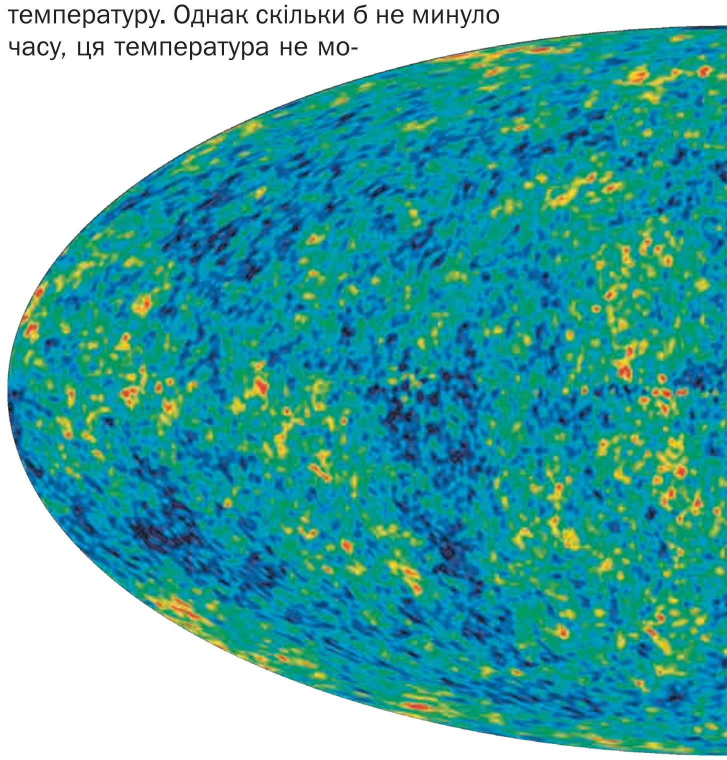
ЛУНА ВЕЛИКОГО ВИБУХУ

Відповідно до теорії Фрідмана, еволюції Всесвіту передував Великий Вибух. Він відбувся одночасно й усюди у Всесвіті, заповнивши простір дуже щільною речовиною, з якої через мільярди років утворилися всі тіла — Сонце, зірки, галактики й планети, а також Земля. Але Гамов припустив, що первинна речовина світобудови була не тільки дуже щільною, але й дуже гарячою. У цій гарячій і щільній речовині відбувалися ядерні реакції й народжувалися легкі хімічні елементи.

Відомо, що всі частки мають як хвильову, так і корпускулярну природу, тобто кожній частці відповідає хвиля. Отже, речовина й випромінювання мають ту саму природу, хоча й проявляють себе порізному. Але приблизно через мільйон років після Великого Вибуху наступив момент, коли речовина «відокремилася» від випромінювання. Зниження температури призвело до утворення ядер водню, які «захопили» з навколишнього середовища вільні електрони. Простір став прозорим для випромінювання і воно, так би мовити, «відірвалося» від речовини.

Із часом спектр цього випромінювання мінявся — у Всесвіті, що розширюється, воно втрачало температуру. Однак скільки б не минуло часу, ця температура не мо-

Космічний апарат WMAP (США). З орбіти, що розташована за 1,5 млн км від Землі, цей апарат склав високоточні карти нерівномірностей температури реліктового випромінювання, що дозволило вченим розрахувати, що наш Всесвіт на 4 % складається зі звичайної речовини, на 23 % з «темної матерії» і на 73 % із ще більш таємничої «темної енергії», що невідомим поки що чином викликає прискорення розширення Всесвіту

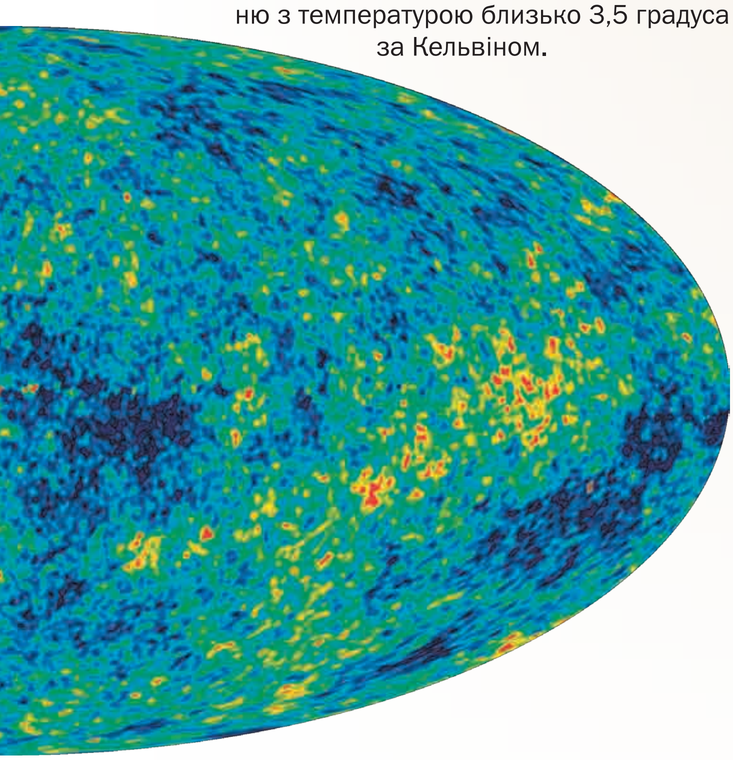


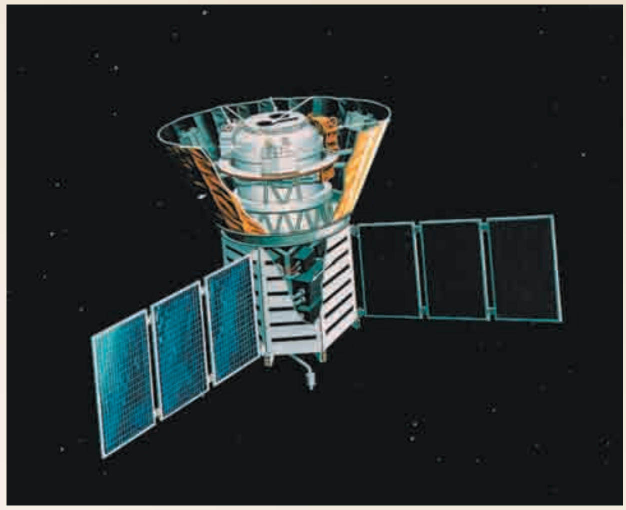
Розподіл температури реліктового випромінювання у Всесвіті (за даними космічного супутника WMAP)

гла впасти до абсолютного нуля. Залишок цього первинного випромінювання — луни Великого Вибуху — повинен був заповнити увесь Всесвіт, і Гамов припустив, що його можна зловити за допомогою спеціальних приладів. Учений навіть передбачив на основі розрахунків, що температура цього найдавнішого, або, як його назвали пізніше, реліктового випромінювання повинна бути на 5—6 градусів вища від абсолютного нуля.

«ВИПАДКОВА» НОБЕЛІВСЬКА ПРЕМІЯ

Приладів для виявлення реліктового випромінювання в сорокових роках минулого століття просто не існувало. А його відкриття було справою випадковою й відбулося набагато пізніше — у 1964 р. Два радіоінженери, фахівці з космічного зв'язку Арно Пензіас і Роберт Вілсон займалися налаштуванням антени для ретрансляції через супутник телевізійного сигналу зі США в Європу. Оскільки в ті часи космічний зв'язок не був настільки звичною справою, як у наші дні, налаштування приймального і передавального пристроїв вимагало великої точності, щоб виключити всі джерела можливих перешкод — як земні, так і космічні. Однак коли трудомістке налагодження антени було завершене, з'ясувалося, що вона все одно приймає якийсь невідомий постійний сигнал, що відповідає тепловому випромінюванню з температурою близько 3,5 градуса за Кельвіном.





Американська космічна обсерваторія СОВЕ, що поступово уточнювала структуру нерівномірностей реліктового випромінювання з різних областей неба

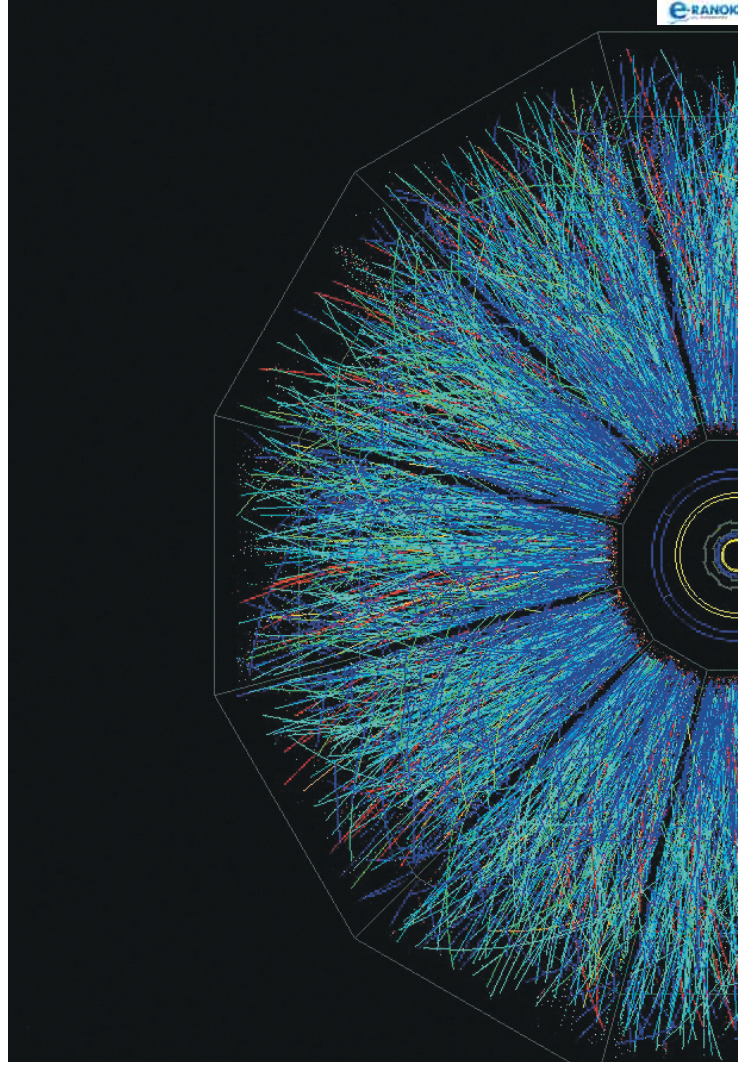
Так ці три градуси за Кельвіном і залишалися загадкою, доки в них не упізнали те саме, передбачене Г. Гамовим, реліктове випромінювання Всесвіту. Максимум його енергії припадає на міліметровий діапазон, а спектр нагадує спектр зовсім непрозорого, або, як говорять фізики, абсолютно чорного тіла з температурою, що всього на 2,7 градуса відрізняється від абсолютного нуля.

Це було найбільше відкриття в космології з часів виявлення Е. Хабблом загального розширення Всесвіту. У 1978 р. Арно Пензіас і Роберт Вілсон, що стали до цього часу відомими радіоастрономами, за відкриття мікрохвильового реліктового випромінювання Всесвіту одержали Нобелівську премію в галузі фізики.

ЦІКАВО

Реліктове випромінювання заповнює Всесвіт і приходить до спостерігача відразу з усіх напрямків — цю властивість називають ізотропністю. Однак подальші дослідження показали, що воно далеко не таке рівномірне й відчуває коливання, пов'язані з напрямком руху спостерігача й неоднорідностями в розподілі речовини в ту епоху, коли галактик ще не існувало. Завдяки реліктовому випромінюванню вдалося з високою точністю визначити вік Всесвіту й кількісне співвідношення в ньому різних видів матерії й енергії. Ці дослідження проводилися за допомогою радянських і американських супутників та космічних обсерваторій. Їхні результати дозволили перетворити космологію з науки припущень і гіпотез на сучасну точну науку.

ВСЕСВІТНЯ ІНФЛЯЦІЯ



Мова йде не про знецінювання грошей. Поняття «інфляція» походить від латинського слова, що в перекладі означає «надування». І якщо в економіці воно означає збільшення маси грошей, що перебувають в обігу, у космології ним позначають початкову стадію розширення Всесвіту. У цей період температури досягали неймовірно високих значень — щоб тільки записати число градусів, довелося б скористатися одиницею із двадцятьма вісьмома нулями, стрімко збільшувався об'єм простору, а енергія в одиниці об'єму залишалася постійною. Для інфляційного розширення потрібен був незначний проміжок часу — настільки незначний, що вона стала б просто неможливою, якби тиск у «новонародженому» середовищі мав позитивне значення. Однак воно, відповідно до розрахунків фахівців, було негативним — таке явище у звичайних умовах не може існувати ні в газах, ні в рідинах.

І уявити його собі вкрай важко — при негативному тиску звичайна гравітація, яку ми в побуті називаємо «притяганням», викликає відштовхування, що призводить до вибухоподібного розширення. Це і є «інфляція», або «надування».

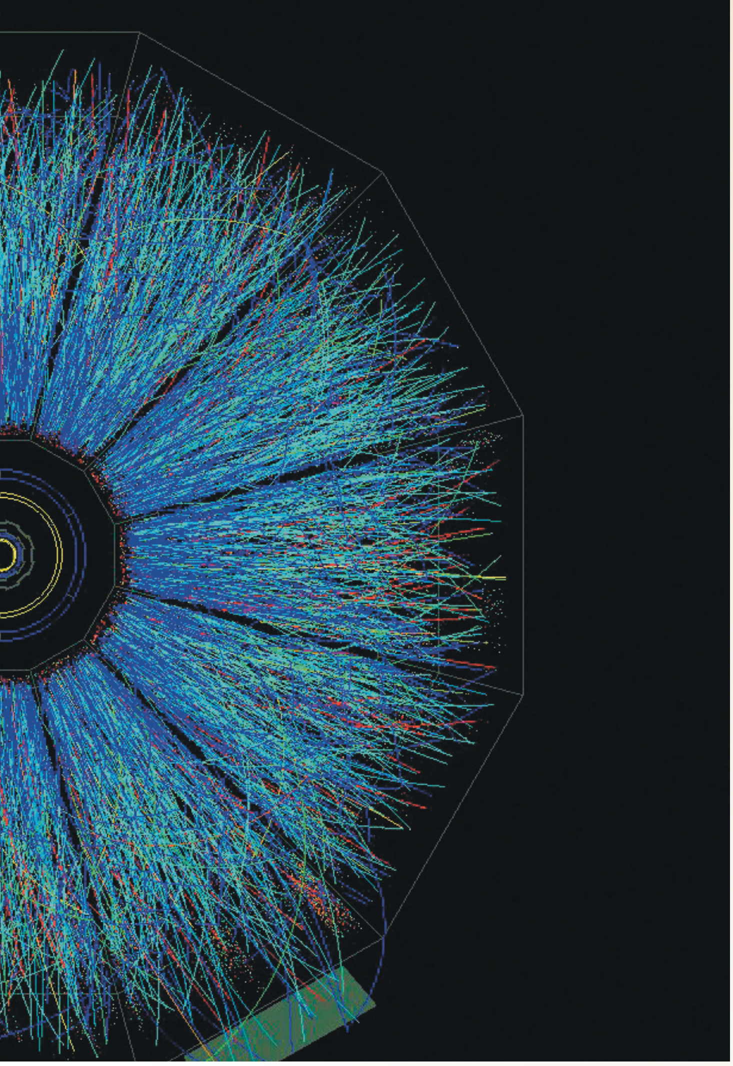
НАРОДЖЕННЯ МАТЕРІЇ

«Дивний» інфляційний стан дуже хиткий і незабаром змінюється станом звичайної гарячої матерії з позитивним тиском. Отут гравітація вступає у свої права, і «відштовхування» змінюється «притяганням». Це відбувається тому, що за мікроскопічну долю секунди Всесвіт розширився в мільйон мільйонів мільйонів мільйонів мільйонів разів, і всі неоднорідності — згадайте повітряну кульку, що надувається! — просто «розгладилися».

Через секунду після Великого Вибуху температура Всесвіту впала приблизно до 10 млрд градусів за Цельсієм — це в тисячу разів більше, ніж у центрі Сонця. У той час у ньому були присутні переважно фотони, електрони, нейтрино і їхні античастки, а також значно менша кількість протонів і нейтронів. Усі ці частки мали настільки високу енергію, що, зіштовхуючись, породжували безліч різних пар частка-античастка. Деякі з таких щойно виниклих часток, зіштовхуючись зі своїми близнюками-античастками, взаємно знищувалися (анігілювали), виділяючи величезну енергію.

В остаточному підсумку більша частина електронів і позитронів анігілювали один з одним, виробивши велику кількість фотонів і залишивши відносно мало електронів.

Приблизно через сто секунд після Великого Вибуху Всесвіт охолонув до одного мільярда градусів — температури надр найгарячіших зірок. У цих умовах протони й нейтрони почали зливатися, утворюючи ядра дейтерію (важкого водню), які містять один протон і один нейтрон. Продовжуючи приєднувати протони й нейтрони, ядра дейтерію могли перетворитися на ядра гелію, що складаються з пари протонів і пари нейтронів. У цілому близько чверті всіх протонів і нейтронів об'єдналися в ядра гелію, тоді як інші протони стали ядрами звичайних атомів водню.



Утворення кварк-глюонної плазми під час зіткнення розігнаних іонів золота в центрі детектора колайдера Брукхейвенської національної лабораторії (США)

ВІД АТОМА ДО ГАЛАКТИКИ

Усього через кілька годин після того, як закінчилася первинна «метушня» Великого Вибуху, вже існували ядра гелію й інших елементів — наприклад, літію. Потім близько мільйона років Всесвіт продовжував просто розширюватися й нічого істотного не відбувалося. Нарешті температура понизилася до декількох тисяч градусів, енергія руху електронів і ядер стала недостатньою для того, щоб переборювати силу електромагнітного притягання, і вони почали поєднуватися в атоми.

Всесвіт у цілому продовжував би розширюватися й остигати, але в областях, де щільність була вища за середню, розширення гальмувалося гравітаційним притяганням надлишкової речовини. Під дією цього притягання розширення не просто гальмувалося, а змінювалося стисненням. У міру стиснення тяжіння навколишньої речовини надавало цим областям ледь помітного обертання. Чим менший об'єм займала речовина, тим швидшим ставало обертання. Нарешті, коли розміри такої області ставали досить невеликими, її обертання прискорювалося настільки, що могло зрівноважити сили гравітації. Так утворилися обертові спіральні галактики. Інші щільні області Всесвіту, що не одержали «поштовху ззовні», перетворилися на еліптичні галактики. У таких областях гравітації протидіє обертання окремих частин галактики навколо її центра, тоді як зоряна система в цілому не обертається.

Первісні галактики являли собою скупчення воднево-гелієвого газу, які згодом стали розпадатися на невеликі хмари — глобули. Ці хмари, у свою чергу, стискувалися під дією власного тяжіння. При стиску атоми в них зіштовхувалися, і температура газу росла, поки не досягала величини, необхідної для початку реакцій ядерного синтезу, схожих на керований вибух термоядерної бомби. Так народжувалося перше покоління зірок.

Уявити собі Всесвіт без енергії зовсім неможливо. Під час відсутності енергії речовина була б зовсім нерухома і мала б температуру, що дорівнює абсолютному нулю. Під сумнівом виявилося б і саме існування речовини: елементарні частки не змогли б об'єднатися в атоми, тому що всі фізичні поля мають енергетичну природу. Навіть елементарні частки навряд чи змогли б зберегти свою природу. Іншими словами — речовина без енергії у Всесвіті існувати не може. Як, втім, і енергія без речовини.

ЦІКАВО

Ми постійно говоримо про енергію, але не завжди чітко уявляємо собі, що це таке. Енергією називається одна з двох форм існування матерії. Оцінити її можна як величину запасу роботи (як фізичного поняття), що міститься в тій або іншій матеріальній системі.

Газова хмара, що недавно виявлена в центрі нашої Галактики. Потужне рентгенівське випромінювання свідчить, що в надрах хмари відбувається анігіляція речовини й антиречовини. Звідки там з'явилася антиречовина в таких кількостях — поки що загадка

ЯК МИ ВИЙШЛИ З НЕБУЛИ

Ми чимало розповідали про те, як народжуються зірки й галактики. Мабуть, настав час поговорити й про те, як виникла Сонячна система у всій її своєрідності.

Сучасним астрономам, на відміну від учених 18 і 19 століть, вгадувати не доводиться — досить поспостерігати за тим, як відбувається процес утворення планетних систем на околицях інших зірок, оточених газопиловими дисками — у минулому їх називали небулами (від латинського слова nebula, що означає в перекладі «туманність»). А оскільки всі вони перебувають на різних етапах свого розвитку, то й етапи формування планет і їхніх супутників стають більш наочними.

Але й тут є свої труднощі — величезні відстані дозволяють побачити в інших «сонячних системах» лише величезні планети з масою не меншою за масу Юпітера. Якби в найближчої до нас зірки була планета з такими ж розмірами,

ЦІКАВО

Ледь сформувавшись, Сонячна система почала мінятися й розвиватися. Деякі супутники планет утворилися з невеликих газопилових дисків, що оберталися навколо планет, тоді як інші супутники були захоплені притяганням планет або виникли в результаті зіткнень тіл Сонячної системи (саме так утворився Місяць).

Зіткнення тіл Сонячної системи відбувалися завжди, відбуваються вони й зараз. Ці механічні взаємодії разом із гравітаційною взаємодією стали головною рушійною силою розвитку Сонячної системи. Між іншим, за останні 4 млрд років орбіти планет не раз мінялися, мінялася навіть їхня послідовність щодо Сонця — відбувалася «планетна міграція», яка точилася до тих пір, поки не встановилася відносна рівновага системи.

Протосонце і протопланети — погляд художника

як у Землі, і такою ж орбітою, її неможливо було б виявити навіть у найпотужніший наземний або космічний телескоп. Тому детально вивчена тільки сама Сонячна система в її сучасному стані. Використовуючи свої знання про поводження речовини й полів у Всесвіті та всю накопичену астрономами інформацію, щодо еволюції планетних систем можна спробувати реконструювати процес виникнення «Сонячної родини».

ВІДОМЕ Й НЕВІДОМЕ

У чому ж полягають особливості Сонячної системи? Насамперед, це концентрація в центрі — там розміщується наша зірка, у якій зосереджена левова частка маси всієї системи. Природно, що причина цього — гравітація.

Усі планети Сонячної системи обертаються в один бік по кругових орбітах і майже в одній площині, немов належать або колись належали до одного диска. На орбітах їх утримує відцентрова сила, що протистоїть тяжінню Сонця в площині обертання. Це нагадує будову спіральної галактики — там також маса сконцентрована в центрі, а зірки утворюють плоску систему (диск), пов'язану з обертанням.

Сьогодні нам достеменно відомо, які елементи і в яких пропорціях утворюють основну масу Сонця. Склад жовтої зірки не відрізняється від складу найдавніших типів кам'яних метеоритів — хондритів. Це говорить про те, що вся Сонячна система — і центральне світило, і холодні тіла, що обертаються навколо нього,— утворилися з того самого матеріалу.

Що це за матеріал? Зірки, і Сонце в тому числі, утворюються з холодних газопилових туманностей, газ у яких перебуває в молекулярному стані. Саме така туманність і розташовувалася близько 5 млрд років тому там, де сьогодні перебуває Сонячна система.

ТІ, КОМУ НЕ ДОВЕЛОСЬ СТАТИ ЗІРКОЮ

Небулярна гіпотеза — гіпотеза про утворення Сонячної системи з газопилової хмари — уперше була висловлена ще у 18 столітті. Біля її витоків стояли два філософи — Еммануїл Сведенборг та Іммануїл Кант, а також чудовий математик і астроном П’єр-Сімон Лаплас. Надалі вона розвивалася й уточнювалася на основі нових даних астрономії, фізики, геології й планетології. З початком ери космічних досліджень і з відкриттям планет за межами Сонячної системи небулярна гіпотеза піддавалася багаторазовим перевіркам — і з успіхом витримала їх.

Протопланетний диск у сузір'ї Змієносця

Формування Сонячної системи почалося приблизно 4,6 млрд років тому. Невелика частина гігантської міжзоряної газопилової хмари на результаті зовнішнього впливу — наприклад, ударної хвилі після близького вибуху наднової,— стала ущільнюватися й згодом перетворилася в центр притягання для навколишньої речовини. Хмара ця містила не тільки водень і гелій, але й важкі елементи (метали), що залишилися після загибелі зірок попередніх поколінь. Крім того, вона перебувала в дуже повільному обертовому русі.

У процесі гравітаційного стиснення розміри газопилової хмари зменшувалися, а швидкість обертання зростала. Через це форма хмари ставала усе більше плоскою і такою, що нагадувала диск. Росла і її щільність, зіткнення між частками ставали все більш частими й енергійними, у результаті чого температура речовини безупинно зростала, причому найдужче нагрівалися центральні області диска.

При досягненні температури в кілька тисяч градусів, центральна область диска почала світитися — там сформувалася протозоря. Речовина хмари продовжувала падати на протозорю, збільшуючи тиск і температуру в її центрі, а зовнішні області диска залишалися відносно холодними. За рахунок нерівномірностей у розподілі речовини там виникли окремі ущільнення, які з часом стали гравітаційними центрами формування майбутніх планет.

Коли температура в центрі протозорі досягла мільйонів градусів, почалася термоядерна реакція горіння водню. Протозоря перетворилася на звичайну зірку головної послідовності, а великі згустки в зовнішній ділянці диска утворили планети, що обертаються навколо центрального світила в тій же площині і в тому ж напрямку, що й газопиловий диск, який існував раніше.

ПОХОДЖЕННЯ ПЛАНЕТ

Зірка «запрацювала» — але що трапилося з тією речовиною, що не ввійшла до її складу? Порошини й молекули газу продовжують обертатися навколо центрального світила, зберігаючи форму диска значних розмірів. Однак далеко не одразу дослідникам вдалося з'ясувати, яким чином розрідженій речовині вдається створити великі планетні тіла. Процес цей складний і відбувається в кілька етапів, а іноді й не приводить до формування планетної системи. Сонячній системі пощастило: із самого початку в ній усе йшло «за правилами». А от у зірки Фомальгаут народження протопланет завершилося їхнім зіткненням і перетворенням у кільце із дрібних уламків, що обертаються навколо зірки дотепер.

Планетезималі в молодій Сонячній системі

БУДІВЕЛЬНИЙ МАТЕРІАЛ ПЛАНЕТ — ПЛАНЕТЕЗИМАЛІ

У надрах газопилового диска під дією гравітації новонародженої зірки відбуваються складні процеси, що розділяють речовину за складом. Пилові частки, що мають більш високу, ніж у газу, щільність, поступово зміщуються в центральну область диска і утворюють там більш тонкий «субдиск», частки в якому розташовані досить близько одна до одної. Тут все відбувається під керівництвом сил гравітації. Швидкості часток, що обертаються поряд, майже рівні, а взаємне притягання між ними, нехай і дуже слабке, однаково існує. Частки повільно зближуються, але зіткнення між ними закінчуються не руйнуванням їх, а «злипанням». Поступово утворюється значний згусток речовини. Коли він досягає певної величини, йому вже не страшні ніякі удари й зіткнення: сила його тяжіння така велика, що він здатен втримати разом навіть осколки, якщо згусток буде випадково зруйнований при зіткненні.

Потім між згустками виникає «конкуренція» — найбільші з них одержують перевагу, тому що «підхоплюють» осколки інших згустків і «привласнюють» їх. А далі починається захоплення молекул газу із залишків газопилової хмари. Майбутні складові планетних тіл — астрономи називають їх планетезималями — буквально замітають речовину в зоні своєї орбіти, а самі поступово ростуть.

КОМУ ЩО ДІСТАЛОСЯ

Матеріал, з якого утворюються планетезималі, на різних відстанях від Сонця мав різний склад і властивості. Гаряче світило поблизу «здуло» своїм сонячним вітром легкі компоненти газопилової хмари, відсунувши їх до далеких рубежів майбутньої Сонячної системи. Тому поблизу Сонця переважали тугоплавкі речовини, з яких згодом утворилися планети земної групи. Водень, гелій та інші гази накопичувалися за межами сучасного поясу астероїдів — вони і стали будівельним матеріалом для планет-гігантів, протяжні атмосфери яких складаються в основному з водню. У цьому процесі чималу роль грало й зниження температури в міру віддалення від Сонця.

До складу планет земної групи ввійшли тугоплавкі матеріали: метали (залізо, нікель, магній, кальцій), їхні окиси й сполуки кремнію, з яких

Зіткнення планетезималей

складаються кам'янисті гірські породи і на Землі, і на Марсі, і на Меркурії.

Крижані тіла в Сонячній системі не зустрічаються до орбіти Марса й поясу астероїдів. Зате найбільші супутники Юпітера й Сатурна являють собою тіла з льодів води, метану, аміаку та інших.

ЗЗОВНІ Й УСЕРЕДИНІ

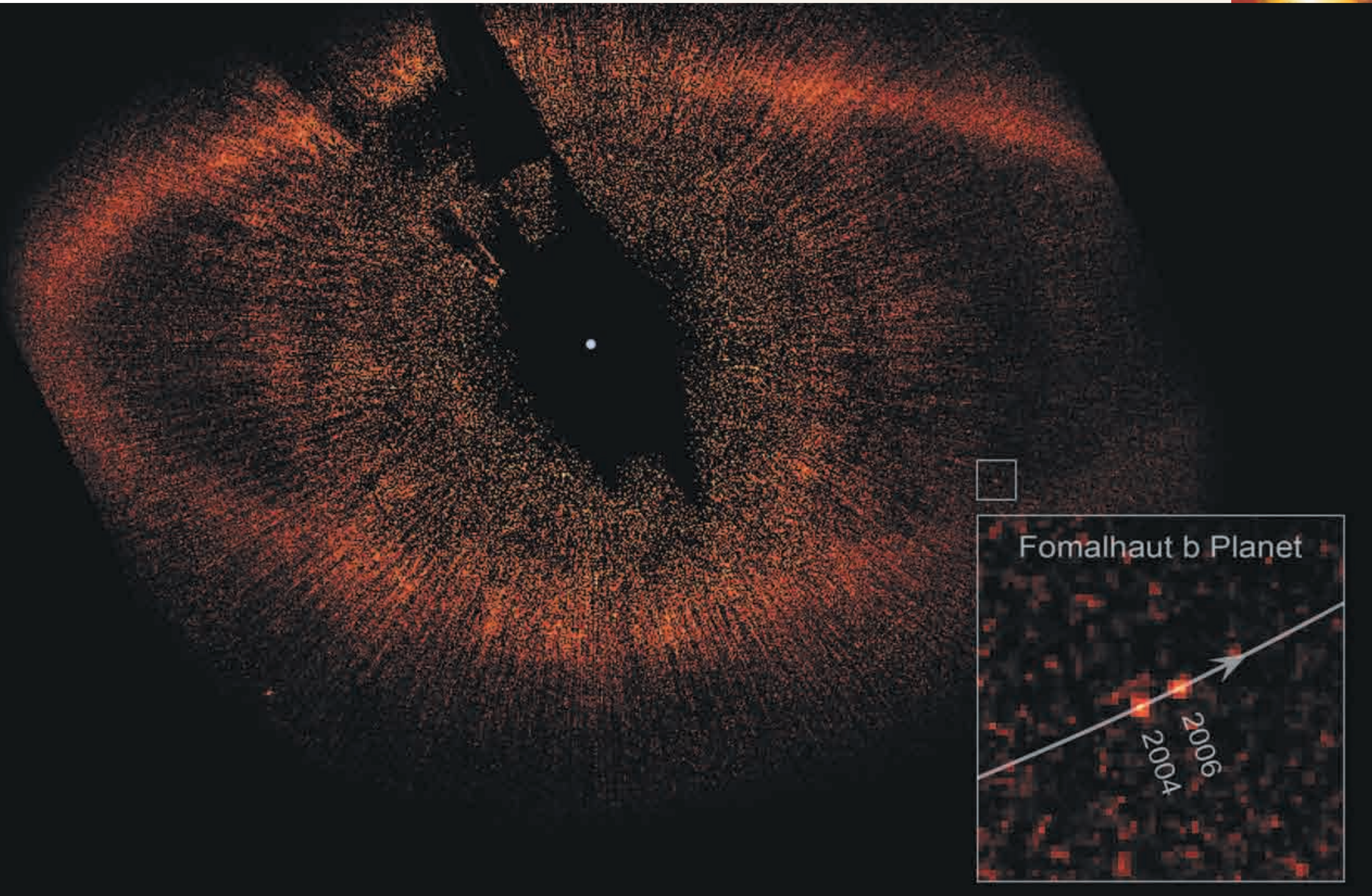
Атмосфери, якими оточені планети земної групи, на відміну від планет-гігантів, складаються не з первинних газів протопланетної туманності. Це різні гази, що виділилися з гірських порід, у результаті діяльності вулканів і при хімічних реакціях, пов'язаних із життям планети вже після того, як вона зайняла своє місце на орбіті. На Землі вже на ранніх етапах її розвитку величезну роль в утворенні атмосфери зіграли живі організми, насамперед ціанобактерії.

Із часом внутрішня речовина планет розділилася на зони: важке металеве ядро, мантію навколо нього і кору. Висока температура планетних надр пов'язана з теплом, які виділялося при розпаді радіоактивних елементів, що опинилися в складі планетного тіла, і при повільному стисненні речовини планет до центра. Це призвело до часткового розплавлювання твердих гірських порід і поступового поділу речовини на зони.

ЦІКАВО

У протопланетній хмарі межа замерзання водяної пари проходила трохи далі від поясу астероїдів. Завдяки цьому Юпітер і став таким великим — тверді крижані кристали легше поєднуються в протопланетну масу, ніж летюча пара. А як тільки Юпітер «нагромадив» достатню масу і став «господарем» на своїй орбіті, він почав здійснювати своєю гравітацією помітний вплив на сусідні ділянки Сонячної системи. Через це так і не сформувалася планета там, де сьогодні є пояс астероїдів, а Марсу не вистачило «будівельного матеріалу», тому його маса значно менша, ніж у Землі й Венери.

Осколковий диск навколо зірки Фомальгаут, що утворився внаслідок зіткнень хаотичних планетезималей



СВИТА ПЛАНЕТ

Коли мова заходить про супутники, які є в більшості планет Сонячної системи, виникає природне запитання: а як вони утворилися, чому взагалі існують і не були поглинуті планетами ще в період їхнього формування?

Справа в тому, що «родовід» супутників часто не збігається з біографією планет-господарів, і процеси їхнього утворення в зовнішній та внутрішній областях Сонячної системи сильно відрізняються. Спробуємо розібратися, як і чому виникли Місяць, Фобос і Деймос, супутники Юпітера й Сатурна, а також «подвійна система» Плутон — Харон.

З ОГЛЯДКОЮ НА СОНЦЕ

Системи супутників планет-гігантів, орбіти яких розташовані за поясом астероїдів, являють собою свого роду зменшені копії Сонячної системи. Всі супутники тут обертаються навколо масивного центрального тіла в площині, що збігається із площиною обертання планети, і найчастіше — в один бік. Така подібність говорить про те, що й процес утворення цих систем мав багато спільного. У тій речовині, що збирав навколо себе при русі по орбіті зародок майбутньої великої планети, були й такі частки, чия швидкість руху не дозволяла їм впасти на планету і стати її частиною. Ці частки, що швидко рухаються, утворили пласку хмару, подібну до протопланетної, а в ній згодом утворилися згустки, які й стали супутниками в такий же спосіб, як і самі планети.

Юпітер і його супутники

Однак такі процеси могли відбуватися лише в зовнішній частині Сонячної системи, де кожна з планет-гігантів мала велику масу і, відповідно, гравітацію. Нічого подібного не спостерігається в планет земної групи.

ОСОБЛИВІ ВИПАДКИ

Тут супутників зовсім мало, і кожний із них — особливий випадок. У Меркурія й Венери їх взагалі нема, хоча, можливо, у минулому супутники в цих планет існували. Приливний вплив Сонця поступово сповільнив швидкість обертання Венери й Меркурія навколо своєї осі і поступово знизив орбітальну швидкість супутників настільки,

У поясі астероїдів — супутники на будь-який смак

ЦІКАВО

Приблизно через 100 млн років після того, як Земля сформувалася, їй довелося пережити найпотужніше потрясіння у своїй історії. Приблизно 4,5 млрд років тому наша планета зіштовхнулася з планетою, що дорівнювала за розмірами Марсу. Земля буквально «закипіла», а з викинутих у космос уламків виник Місяць. Але через 600—800 млн років після появи Місяця, і йому, і Землі знову стало несолодко. Міграція планет у молодій Сонячній системі порушила орбіти численних астероїдів, що не встигли поєднатися в більшу планету, і почався процес, який учені назвали «важке бомбардування». Він тривав близько 200 млн років, і увесь цей час на поверхні Землі й Місяця з'являлися все нові гігантські кратери. Саме ця подія повністю змінила вигляд нашої планети, буквально «переоравши» земну кору й не залишивши на поверхні мінералів, вік яких перевищував би 3,8 млрд років.

І біологи, і геологи згодні в тому, що навіть якщо життя на Землі і встигло виникнути незабаром після утворення Місяця, то після «важкого бомбардування» воно повністю зникло, а потім відродилося знову.

Зіткнення Землі з планетою розміром із Марс. Вигляд з орбіти Юпітера

що вони, швидше за все, впали на поверхню планет, утворивши там гігантські кратери.

Із Землею все інакше — вона обертається так швидко, що приливні сили тільки віддаляють Місяць від неї. І все одно — поява такого великого супутника в нашої планети дотепер залишається загадкою. Раніше вважалося, що Місяць відокремився від Землі тоді, коли та була ще в напіврідкому стані, але тепер ми знаємо, що такого етапу в еволюції Землі просто не було. Потім виникло припущення, що Місяць — одна з малих планет, «захоплена» Землею. Однак коли астронавти дісталися Місяця і взяли зразки його гірських порід, з'ясувалося, що вони дивовижно схожі на древні земні гірські породи. Це свідчило про спільне походження обох небесних тіл. Існує гіпотеза про походження Місяця в результаті зіткнення Землі з іншою планетою розміром із Марс.

У Марса два супутники, але обидва вони просто крихітні в порівнянні з Місяцем. Незважаючи на свої грізні імена, Фобос і Деймос нічим не відрізняються від звичайних астероїдів. Пояс астероїдів розташований буквально поряд, і хоч це й малоймовірно, Марс дійсно міг «прихопити» звідти цю парочку безформених «літаючих скель».

ПОДВІЙНЕ ПРИТЯГАННЯ

Незважаючи на деяку подібність, системи супутників великих планет мають принципову відмінність від Сонячної системи: вони перебувають під потужним подвійним гравітаційним впливом. Поряд із притяганням планет-господарів, на супутники діє притягання Сонця — наше світило, хоч і розташоване далеко, але має найбільшу масу.

Цей вплив почав проявлятися вже в найбільш ранні епохи розвитку супутникових систем і став причиною тих незвичайних явищ, які можна в них спостерігати сьогодні. Наприклад, саме впливом Сонця пояснюється «зворотне» обертання деяких супутників планет-гігантів і навіть цілих їхніх груп.

Ну, а впливу планет-господарів супутникам ніяк не уникнути. Наприклад, приливні сили Юпітера стали причиною виникнення вулканів на його великому супутнику Іо — саме вони «розігрівають» надра небесного тіла, діаметр якого становить третину земного.

АНТРОПНИЙ ПРИНЦИП

Наука давнини найчастіше шукала відповіді на питання: як це влаштовано? Але сучасна наука, і особливо космологія, все частіше запитує: чому це так улаштовано, і що відбудеться, якщо змінити умови, у результаті яких виникло таке влаштування?

Міркуючи над найзагальнішими принципами розвитку Всесвіту, важко не прийти до висновку: він влаштований так, що в ньому стала можливою поява людини і її допитливого розуму. Це положення прийнято називати антропним принципом — від грецького слова «антропос» — «людина». На перший погляд такий висновок здається природним: раз людина виникла, виходить, існували й відповідні умови. Але якщо вникнути в суть цього твердження, можна прийти до разючих висновків.

ЗАРАДИ ЖИВОЇ КЛІТИНИ

Для того щоб на Землі виникла перша одиниця живої матерії — клітина, умови для її появи повинні були існувати не тільки на нашій планеті. У Сонячній системі повинні були скластися необхідні передумови для формування такої планети, як Земля, а в галактиці Чумацький Шлях повинна була спалахнути зірка сонячного типу, на околицях якої можливе утворення такої планети. І для виникнення галактик, у тому числі й нашої, у Всесвіті, що розширюється, повинні були скластися цілком визначені фізичні умови. Навіть ті дрібні «цеглинки», з яких складається речовина Всесвіту, всі його зірки, планети, туманності, могли утворитися тільки за наявності дуже точно узгоджених між собою початкових умов.

Уже в момент Великого Вибуху (а можливо, і раніше) повинні були існувати ті фізичні закони, які визначили хід всієї подальшої еволюції світобудови. А от звідки вони взялися вже тоді — ні логіка, ні математика пояснити не беруться.

КЕРІВНІ ЧИСЛА

Стародавні греки недарма надавали такого величезного значення числам, вважаючи їх основою світової гармонії. Але на розвиток Всесвіту й справді вплинули числові значення деяких сталих величин, що входять в основні фізичні закони,— їх називають фундаментальними сталими. Якби ці величини хоча б трохи відрізнялися від існуючих значень, не виникли б не тільки зірки й галактики, але навіть і атоми речовини.

От приклад. Для того щоб у найбільш ранній період існування Всесвіту могли утворитися ядра майбутніх атомів, необхідно цілком визначене співвідношення мас основних часток — протона,

Атоміум в Антверпені (Бельгія). Модель атома заліза, збільшеного в 165 млн разів

нейтрона й електрона. Маса нейтрона повинна бути більшою від суми мас протона й електрона, але не набагато. Інакше або нейтрон виявиться нестійким поза ядром і всі протони шляхом захоплення електронів перетворяться на нейтрони, або нейтрон стане нестійким у ядрі. І в тому, і в іншому випадку не зможуть утворитися ядра водню — і речовина в тій формі, у якій ми її знаємо, не буде існувати. Створення більш складних ядер також неможливе без тих тонких і точних співвідношень, які існують між параметрами споконвічного вакууму, з якого народився Всесвіт.

Навіть середня густина речовини Всесвіту наче підкоряється антропному принципу й визначається фундаментальними сталими — сталою тяжіння й сталою Хаббла. Виявися вона вищою, і розширення Всесвіту згодом зміниться стисненням, при більш низькій густині Всесвіт буде необмежено розширюватися. І лише існуюче значення густини забезпечує йому ту стійкість, при якій встигають утворитися складні та навіть понадскладні структури. У тому числі й органічне життя, і людина.

Космологи стверджують: Всесвіт — неймовірно тендітний, досить найменших змін у закономірностях, що діють у ньому, щоб наслідки стали катастрофічними.

СЛАБКИЙ І СИЛЬНИЙ

Існує два основних формулювання антропного принципу. Перше — його назвали «слабкий антропний принцип» — було висунуте в 1973 р. фахівцем з теорії гравітації Б. Картером. Звучить воно так: ми спостерігаємо Всесвіт таким, як він є, тому що в іншому Всесвіті не могли б виникнути розумні істоти. «Сильний антропний принцип» полягає в тому, що Всесвіт зобов'язаний бути таким, щоб у ньому могли виникнути розумні істоти.

У Всесвіті, що неймовірно великий або навіть нескінченний, умови для розвитку життя складаються тільки в деяких областях, обмежених у просторі й часі. Тому розумні істоти, що населяють такі області, не повинні дивуватися тому, що їхнє місце у Всесвіті відповідає тим умовам, які необхідні для життя. У якомусь сенсі вони подібні до багатія, що живе в привілейованому районі і не зіткнувся з бідністю.

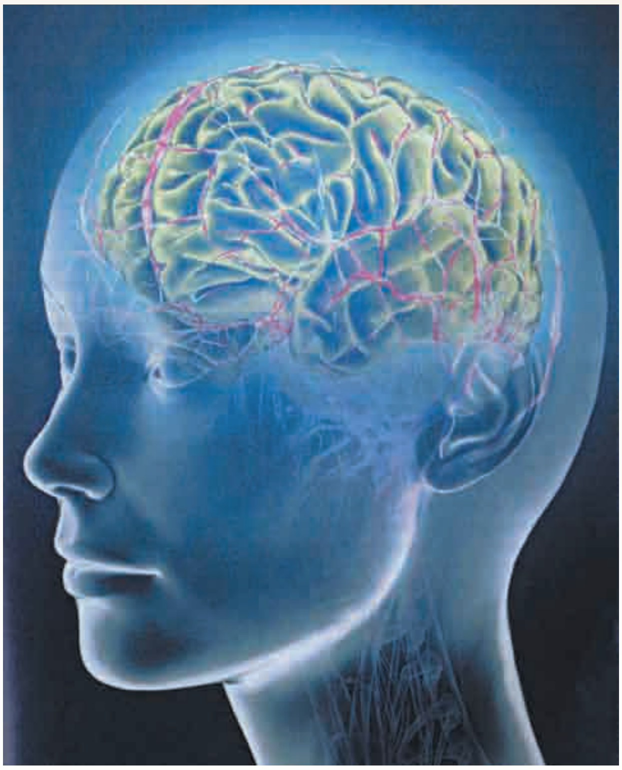
Тобто наука допускає можливість існування безлічі світів, у яких діють всілякі комбінації фізичних параметрів і законів. При цьому в одних світах можливі тільки найпростіші стаціонарні фізичні стани, в інших же можливе формування складних фізичних систем — у тому числі й життя в його різноманітних формах.

Нервова клітина — одна з найскладніших біологічних структур, дія якої ґрунтується на використанні всіх відомих фізичних законів

Ми з вами живемо у світі, що влаштований дуже мудро й гармонійно. Ми можемо відчувати цю гармонію й насолоджуватися нею, але осягнути її логічно нам, очевидно, ніколи не вдасться.

Можна вважати, що вся складність світу — наслідок задуму Вищої істоти, можна відкидати цю гіпотезу, у всякому разі Всесвіт даний нам саме таким, як він є.

Людський мозок — унікальний і досконалий витвір природи



У рамках програми «Галілеєва ніч» відкрився вільний доступ до «святинь» астрономічних дослідницьких центрів

РІК АСТРОНОМІЇ

У 1609 р. Галілео Галілей уперше використав телескоп для спостереження за планетами. А чотири сторіччя по тому для відзначення цієї події за рішенням сесії генеральної асамблеї ООН і Міжнародного астрономічного союзу 2009 р. був оголошений Міжнародним роком астрономії. Девізом чотирьохсотрічного ювілею спостережень за небом за допомогою оптичних інструментів стала фраза: «Всесвіт — для тебе». Всі країни світу одержали можливість взяти участь у Році астрономії й познайомити людей із всіх кінців Землі із захоплюючими досягненнями науки про Всесвіт.

Найбільші астрономи сучасності проробили величезну роботу, щоб допомогти жителям Землі по-новому зрозуміти, яке місце у Всесвіті займає людство, і нагадали всім і кожному, що одна з найважливіших властивостей людини — робити відкриття й дивуватися.

У січні 2009 р. у Парижі відбулася врочиста церемонія відкриття Міжнародного року астрономії, на якій були присутні лауреати Нобелівських премій, глави держав, учені й студенти з 100 країн. Тут по-новому розкрилася роль астрономії й суміжних наук не тільки в дослідженні світобудови, але й у повсякденному житті й навіть у створенні нового, більш справедливого суспільства.

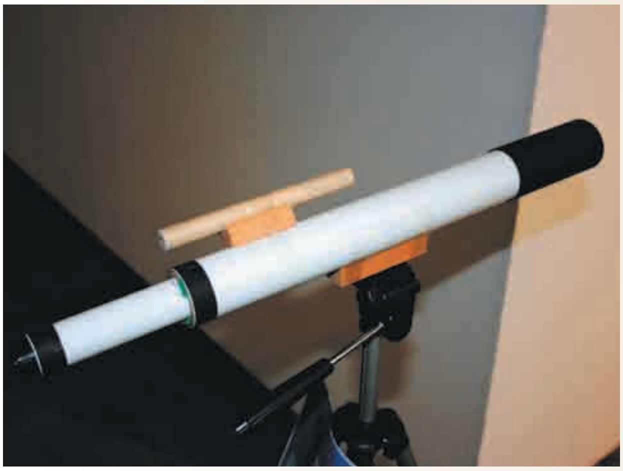
«ВСЕСВІТ — ДЛЯ ТЕБЕ»

Проведення Міжнародного року астрономії мало найважливішу мету — розбудити серед молоді всього світу інтерес до астрономії й фундаментальної науки в цілому, дати правильне уявлення про творчий характер діяльності вчених і поширити наукове розуміння світу.

Для цього було необхідно відкрити найширший доступ до нових знань і астрономічних спостережень у країнах, що розвиваються, надати підтримку астрономічній освіті, змінити традиційно сформовані й давно застарілі образи науки і вчених.

Відразу після церемонії відкриття Року астрономії в більшості країн Європи й Америки транслювалася пряма відеоконференція з Європейської Південної обсерваторії, де встановлені чотири телескопи із дзеркалами в 8,2 м, що утворюють найбільшу у світі оптичну систему спостереження за небом. Мова йшла про пошуки вченими неземного життя, паралельних всесвітів, планетарні туманності, наднові, «чорні діри» і нові програми космічних досліджень Всесвіту.

Потім на 24 години були об'єднані в одне ціле 17 найбільших у світі радіотелескопів, які перетворилися в найчутливіший на Землі дослідницький



«Галілеоскоп» сьогодні відомий у найвіддаленіших куточках Землі — від Арктики до Екваторіальної Гвінеї

прилад. У результаті були отримані зображення найбільш загадкових ділянок неба, які в 100 разів перевершували чіткістю знімки найкращих оптичних телескопів.

А на початку квітня і в жовтні 2009 р. в 130 країнах світу обсерваторії відкрили двері для всіх бажаючих глянути на небо в потужний дослідницький телескоп. Цей проект одержав назву «Галілеєва ніч»

По всьому світу пройшли конференції й виставки зображень, отриманих ученими-астрономами, відкрилися нові потужні й інформативні інтернет-портали на багатьох мовах, присвячені досягненням астрономії.

«ГАЛІЛЕОСКОП»

Однією з найбільш вдалих ідей, здійснених у ході Міжнародного року астрономії, став проект «Галілеоскоп». Найкращими конструкторами астрономічних інструментів була створена сучасна копія телескопа-рефрактора, за допомогою якого Галілео Галілей здійснив свої видатні відкриття — виявив гори й кратери на Місяці, фази Венери, плями на Сонці, супутники Юпітера й зоряну структуру Чумацького Шляху. При створенні нового телескопа були використані найсучасніші технології, які дозволили значно збільшити його роздільну здатність при тому самому діаметрі об'єктива у 50 мм. Галілеїв телескоп давав 32-разове збільшення, а його копія дозволяла спостерігати астрономічні об'єкти зі збільшенням у 50 разів.

Астрономічний інструмент вийшов простим, легким, точним і надзвичайно дешевим навіть у порівнянні зі звичайними аматорськими телескопами. Мільйони екземплярів «галілеоскопів» продавалися по всьому світу за символічну ціну, у тому числі й через Інтернет, а в країнах, що розвиваються, поширювалися безкоштовно серед підлітків і дітей. Величезна кількість молодих людей в усьому світі одержали можливість самостійно повторити відкриття Галілея й побачити своїми очима неповторну красу й гармонію Всесвіту.

«Дуже Великий Телескоп» Європейської Південної обсерваторії в пустелі Атакама на території Чилі. Обсерваторія була створена об'єднаними зусиллями вчених і урядів 14 європейських держав

Розгінний блок місії LCROSS «Центавр»

ЯК РОЗШИРЮВАВСЯ ВСЕСВІТ У РІК АСТРОНОМІЇ

Міжнародний рік астрономії приніс багатий урожай нових відкриттів і дивовижних спостережень. Всесвіт невичерпний, і не завжди охоче розстається зі своїми таємницями.

Головними темами досліджень астрономів із різних країн стали природа «темної матерії» й «темної енергії» — субстанції, що володіє негативним тиском і гравітацією зі знаком «мінус», і до того ж складає до 70 % усієї речовини у Всесвіті. Тривали пошуки позаземних цивілізацій і спроби пояснити природу зоряних і надмасивних «чорних дірок», що вимагало об'єднання вчених із різних країн у колаборації. Колаборації — це нова форма спільної роботи в науці, коли кілька науково-дослідних груп із різних країн об'єднуються для розв'язання якоїсь складної проблеми і обмінюються всіма результатами своїх робіт.

Тривали також й пошуки підтвердження існування «кротячих нір» — особливих ділянок у Всесвіті, свого роду тунелів, що дають реальну можливість для подорожей у часі й просторі на величезні відстані. Загальна теорія відносності не заперечує можливості існування «кротячих нір», однак для того, щоб вони могли існувати, їхні горловини повинні бути заповнені матерією із сильною негативною гравітацією, а така матерія досі зостається невідомою.

ВОДА НА МІСЯЦІ

Нові наукові результати були отримані завдяки введенню в експлуатацію нових наукових інструментів і космічних апаратів.

Найгучнішим відкриттям Року астрономії стало відкриття наявності води на Місяці. Дослідженням нашого супутника займалися відразу кілька автоматичних станцій, запущених США, Японією, Китаєм, та Індією. А 19 червня 2009 р. до Місяця стартувала перша за останні десять років дослідницька місія LCROSS. Розгінний блок «Центавр», що доставив космічний апарат до Місяця, був спрямований до поверхні нашого супутника і врізався в його поверхню в районі кратера Кабеус, піднявши гігантську хмару пилу. Дослідницька лабораторія, що залишилася на орбіті, пролетіла крізь цю хмару, зібравши й проаналізувавши склад місячної речовини.

Водночас за падінням «Центавра» спостерігали космічний телескоп «Хаббл», європейська

космічна обсерваторія «Одін» і найбільші обсерваторії на поверхні Землі. Було отримане підтвердження, що частки місячних порід і пилу містили до 100 літрів води.

Важливість цього результату важко переоцінити — адже дотепер головною перешкодою для створення постійної бази землян на Місяці є відсутність там води. А вона необхідна не тільки для пиття й побутових потреб астронавтів, адже розклавши воду на складові можна одержати кисень для дихання і водень — ракетне паливо.

У ГЛИБИНАХ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ

На Марсі продовжували свою роботу американські марсоходи-геологи «Спіріт» та «Оппортуніті». У 2009 р. вони вперше виявили там значні кількості метану й водяного льоду, причому не в полярних областях, а в середніх широтах.

У системі Сатурна космічний зонд «Кассіні» виявив озера з рідких вуглеводнів на Титані, а також «переповзання» цих озер із півкулі в півкулю супутника залежно від пори року. Також були знайдені нові докази існування на Титані кріовулканів, що викидають замість розпеченої магми рідку воду.

Американський зонд «Мессенджер» тричі протягом року пролітав над поверхнею Меркурія, а при останньому прольоті зробив знімки ділянок, яких не бачив ще жоден дослідник, із висоти близько 228 км.

До цього часу найшвидший за всю історію космічних польотів зонд «Нью Хорізонс», що рухається до орбіти Плутона зі швидкістю понад 16 км/с, подолав половину свого шляху, що триватиме в цілому вісім років.

За допомогою космічного телескопа «Хаббл» були отримані унікальні знімки кометно-астероїдного бомбардування району південного полюса Юпітера. За цієї величезної космічної катастрофи у хмарному покриві планети-гіганта виникли «дірки» розміром із Тихий океан.

НОВІ ОБСЕРВАТОРІЇ НА ОРБІТІ

14 грудня 2009 р. на навколоземну орбіту був запущений інфрачервоний космічний телескоп WISE, призначений для огляду всього неба. З новим телескопом учені Американського космічного агентства пов'язують великі надії. Він призначений для дослідження недоступних раніше об'єктів Сонячної системи і віддалених слабких галактик.

Але ще більш важливих результатів у вивченні далекого космосу очікують астрономи від європейських космічних обсерваторій «Планк» і «Гершель», виведених на орбіту одночасно за допомогою одного носія 14 травня 2009 р. «Планк» буде займатися дослідженням реліктового випромінювання Всесвіту, що допоможе пролити світло на найперші миті життя Всесвіту. Телескоп «Гершель» обладнаний найбільшим дзеркалом із всіх космічних телескопів із діаметром 3,5 м. Його завдання — вивчення процесів утворення зірок і галактик.

Але найголовніший астрономічний запуск у 2009 р. — введення в експлуатацію орбітальної обсерваторії «Кеплер», призначеної для пошуків екзопланет.

8 квітня 2009 р. цей апарат передав перший знімок, на якому видно близько 4,5 млн зірок у сузір'ях Лебедя й Ліри. Роздільна здатність «Кеплера» така велика, що він здатний виявляти не тільки віддалені екзопланети, а й їхні супутники з масами близько двох десятих земної. Усього за кілька місяців за допомогою унікальної космічної обсерваторії було відкрито п'ять нових планет — і усі вони виявилися «гарячими Юпітерами».

Орбітальна інфрачервона обсерваторія WISE

ЯК РОЗШИРЮВАВСЯ ВСЕСВІТ У РІК АСТРОНОМІЇ

Але, звичайно ж, головне — це не запуски космічних обсерваторій, а отримані з їхньою допомогою наукові результати. Протягом усього Міжнародного року астрономії вчені одну за одною відкривали нові екзопланети в глибокому космосі, а більш досконалі прилади дозволили їм «бачити» тіла з масою все більш близькою до земної. Так, рекордною стала планета в системі зірки — «червоного карлика» Глізе 581, розташованого за 20 світлових років від Сонця, з масою трохи меншою від двох мас Землі. Такі об'єкти астрономи назвали «суперземлями».

Незабаром після цього були відкриті ще дві «суперземлі», одна з яких має діаметр 1,7 земного і складається переважно з гірських порід.

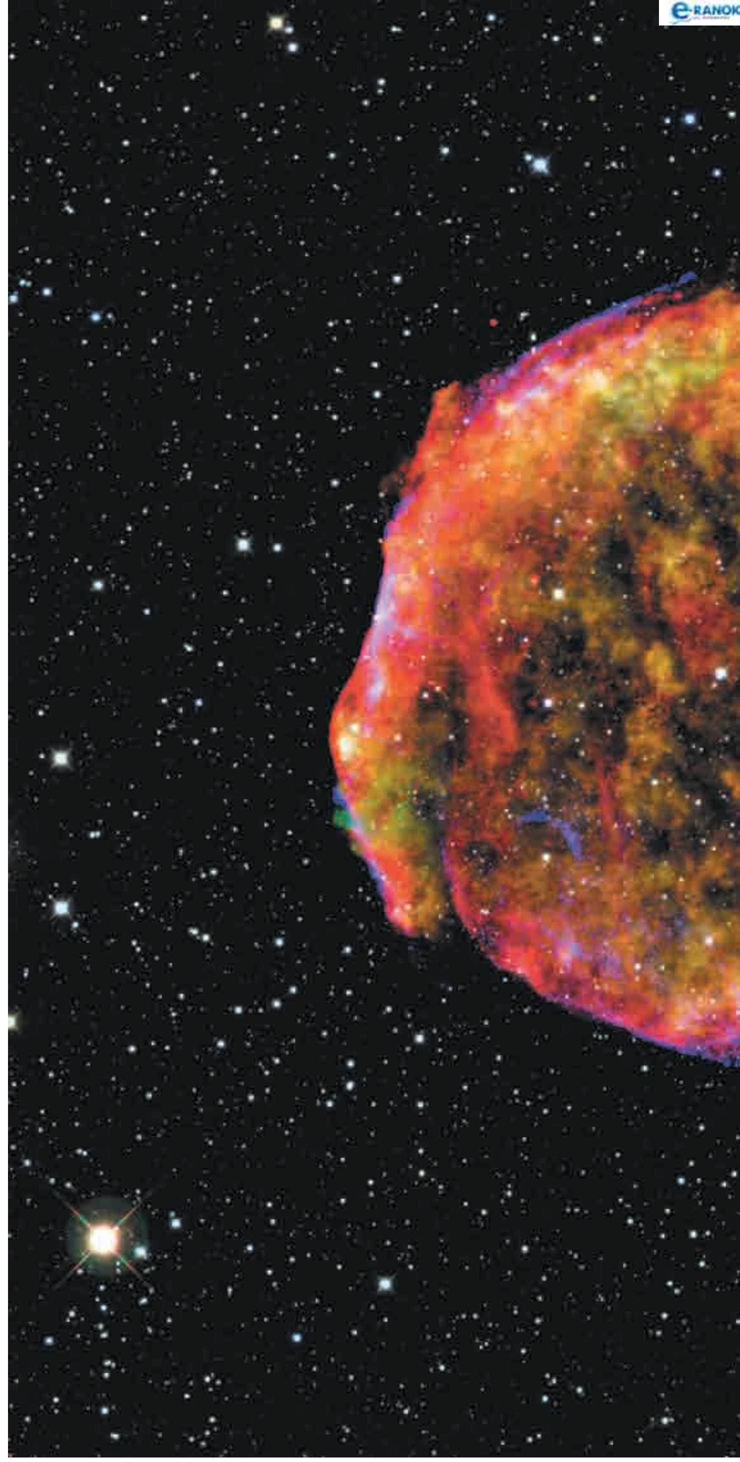
Надії на існування там органічного життя навряд чи виправдаються — обидві планети перебувають занадто близько до своїх зірок. А от «суперземля», щойно відкрита в сузір'ї Змієносця на відстані 40 світлових років від нас, набагато перспективніша. Вона також перебуває близько від свого світила, але температура її поверхні не перевищує 120 градусів. Твердої поверхні в планети немає — це планета-океан із діаметром у два рази більшим від Землі, яка на три чверті складається з води, і лише на чверть — із твердих гірських порід. У глибинах цього гігантського океану температура набагато нижча і можуть існувати сприятливі умови для зародження живих істот.

ЗАГЛЯНУТИ ВСЕРЕДИНУ ЗІРКИ

Одержати відомості про внутрішню будову зірок — завдання не з простих. Цим займається галузь астрономії — астросейсмологія. Досліджуючи вихрі й пульсації у фотосфері світил, учені реконструюють процеси, що відбуваються в надрах зоряної речовини.

У 2009 р. була отримана остаточна відповідь на питання про те, чому сонячна корона прогрівається до набагато більш високої температури, ніж шари атмосфери зірки, що лежать нижче. Виявилося, що енергія в сонячній атмосфері переноситься поперечними хвилями особливого типу, які поширюються уздовж силових ліній магнітного поля. Саме вони нагрівають сонячну корону.

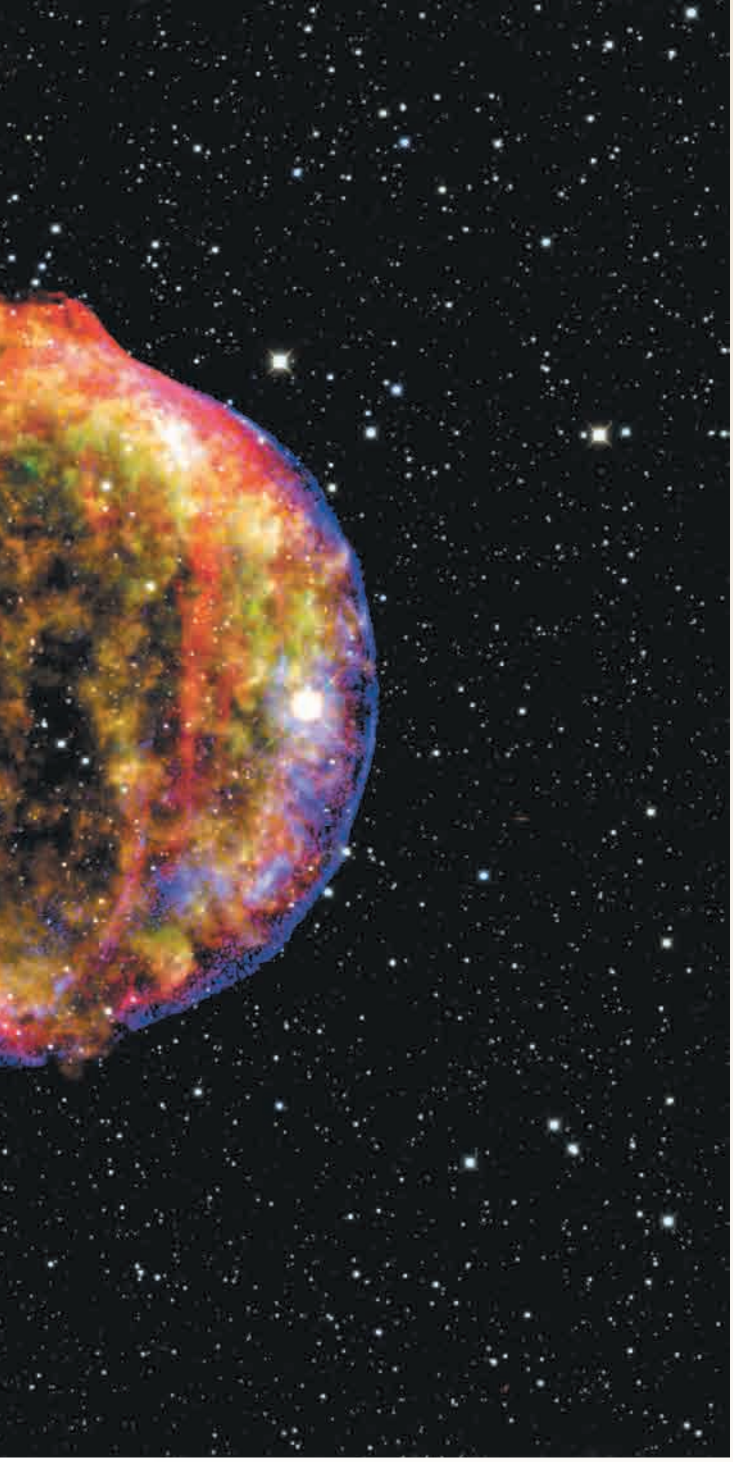
Чимало цікавого принесло вивчення наднових зірок. Так, астрономам вдалося спостерігати вибух гелієвого «білого карлика», що розвивався набагато швидше, ніж це відбувається при спалаху звичайної наднової.



Нейтронні зірки залишаються об'єктом пильної уваги вчених і приносять чимало сюрпризів. Так, у залишках вибуху наднової Кассіопея А було потужне джерело випромінювання. Однак при спробах визначити його розміри виявилося, що вони становлять не більше кілометра, тоді як нейтронні зірки мають діаметр близько 20 км. При цьому ніяких пульсацій випромінювання немає, і це, швидше за все, означає, що виявлено новий тип нейтронної зірки.

НАЙБІЛЬШ ДАЛЕКИЙ КВАЗАР

Рекорд у дослідженні далекого космосу був установлений японськими вченими — вони ви-



Туманність Кассіопея А з незвичайною нейтронною зіркою всередині

явили, що потужний квазар, один із найдавніших у Всесвіті, є центром великої галактики, подібної за розміром до Чумацького Шляху. Дивно, що така велика галактика утворилася всього лише через 840 млн років після Великого Вибуху, а маса її активного ядра також досягає рекордного значення — близько мільярда мас Сонця. Також отримані дані про те, що найбільш масивні і яскраві галактики у великих скупченнях набрали дев'ять десятих своєї маси вже через 4—5 млрд років після початку «розбігання». Це суперечить всім існуючим моделям еволюції Всесвіту, згідно з якими цей процес повинен іти удвічі повільніше.

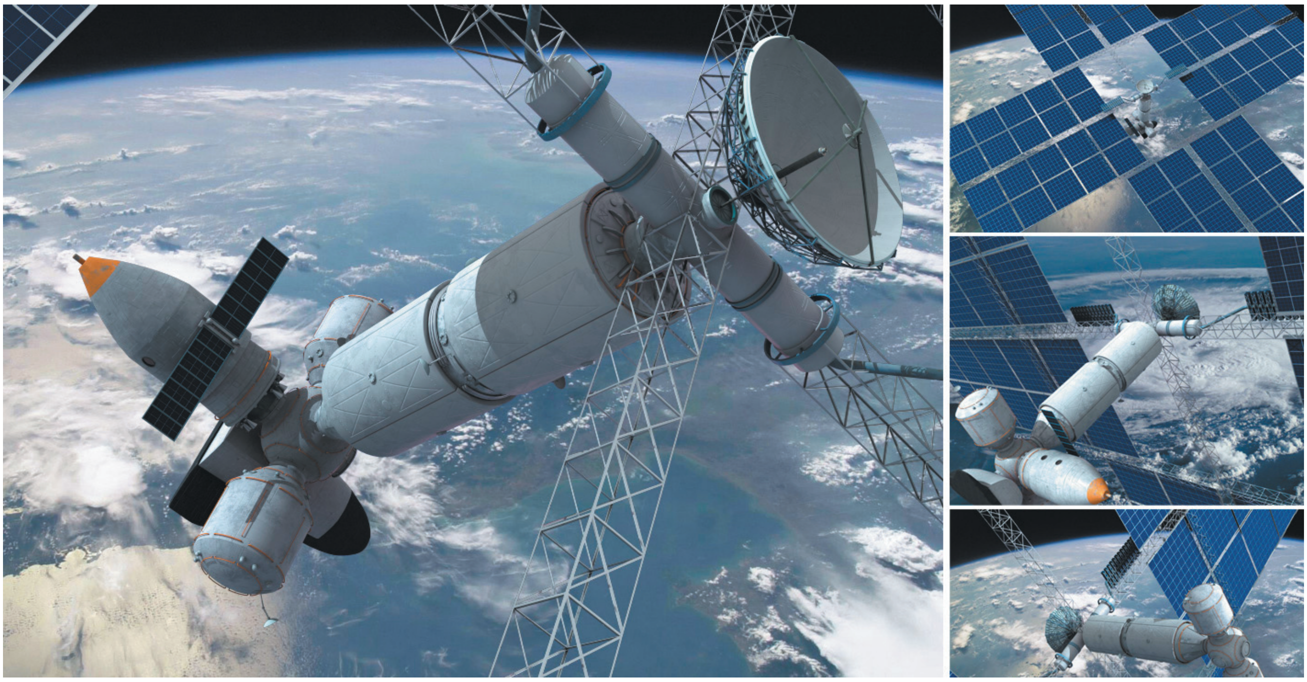
У 2009 р. був здійснений проект «Галактичний зоопарк», у якому разом із професійними дослідниками брали участь астрономи-аматори по всьому світу. Вони вели пошук і класифікацію якомога більшої кількості галактик. У ході проекту було зроблено видатне відкриття — знайдений зовсім новий тип галактик, що одержав назву «зелені горошини». Це зоряні системи з розмірами близько 20 світлових років і невеликою зоряною масою, які випускають сильне ультрафіолетове випромінювання. Цікаво, що в «зелених горошинах» процес утворення нових зірок відбувається швидше, ніж будь-де — там народжується до 10 «сонць» протягом земного року.

ЦІКАВО

Астрономи з Каліфорнії за допомогою космічного телескопа «Спітцер» відкрили нову зоряну структуру. Це гігантська вузька дуга, справжня «ріка» зірок у Північній півкулі неба над диском нашої Галактики на відстані близько 76 тис. світлових років. Ця «зоряна ріка», не видима неозброєним оком, «протікає» південніше від ковша Великої Ведмедиці, перетинаючи велике зоряне скупчення, що складається з 50 тис. зірок. Складається враження, що саме із цього скупчення потік «розтікається» у протилежні боки, і це справді так. Сили гравітаційного притягання Чумацького Шляху розтягують зоряне скупчення NGC 5466 уздовж лінії, спрямованої до центра галактики.

Незважаючи на гігантські розміри, «зоряну ріку» раніше ніколи не помічали через те, що вона губилася на тлі маси зірок Чумацького Шляху. За параметрами цього зоряного потоку вчені розраховують визначити масу «темної матерії», що міститься в нашій Галактиці.

«Зоряна ріка» на околицях Чумацького Шляху



Перша експедиція людини на Марс

МАЙБУТНЄ НАУКИ ПРО ВСЕСВІТ

Що чекає астрономію в майбутньому? Звичайно, ми не можемо заглянути вперед на чотириста років, як не зміг би Галілео Галілей уявити собі фантастичні досягнення й технічний прогрес наших днів.

Але все-таки спробуємо уявити собі ті кроки, які може зробити астрономія в найближчі десятиліття. Неможливо передбачити великі відкриття — вони завжди відбуваються зненацька, але деякі події цілком можна спрогнозувати.

Протягом Міжнародного року астрономії серед найбільших учених і експертів в галузі астрономії було проведене опитування про можливі строки різних подій, пов'язаних із розвитком астрономічної науки. Потім результати були оброблені за допомогою спеціальних методів — і виникло «колективне передбачення» імовірного майбутнього астрономії.

НАЙБЛИЖЧІ ДЕСЯТИЛІТТЯ

Учені вважають, що ще в середині двадцятих років нашого століття на Землю будуть доставлені зразки марсіанського ґрунту. Відновиться вивчення Венери за допомогою космічних зондів і буде розгадана природа гамма-сплесків у далекому космосі. Буде створена постійна астрономічна обсерваторія на Південному полюсі Землі.

Багатими на наукові події стануть тридцяті роки нашого століття. Будуть виявлені «чорні діри» проміжної маси й зареєстровані хвилі гравітації, виявлені зірки з масами більшими від 200 мас Сонця та екзопланети, на яких присутні всі чотири необхідні для виникнення життя фактори: вода, вуглекислий газ, метан і кисень. У середині тридцятих років буде побудований оптичний телескоп із дзеркалом діаметром близько ста метрів, а наприкінці цього десятиліття буде розгадана природа «темної матерії» і відбудеться висадження астронавтів на Марс. У цей же час для космічних польотів почнуть використовувати сонячні вітрила.

Уже в середині сорокових років 21 сторіччя буде створена постійна астрономічна обсерваторія на Місяці, розгадана природа «темної енергії» й остаточно з'ясована причина утворення Великої Червоної плями на Юпітері.

ПІСЛЯ ОПІВДНЯ СТОЛІТТЯ

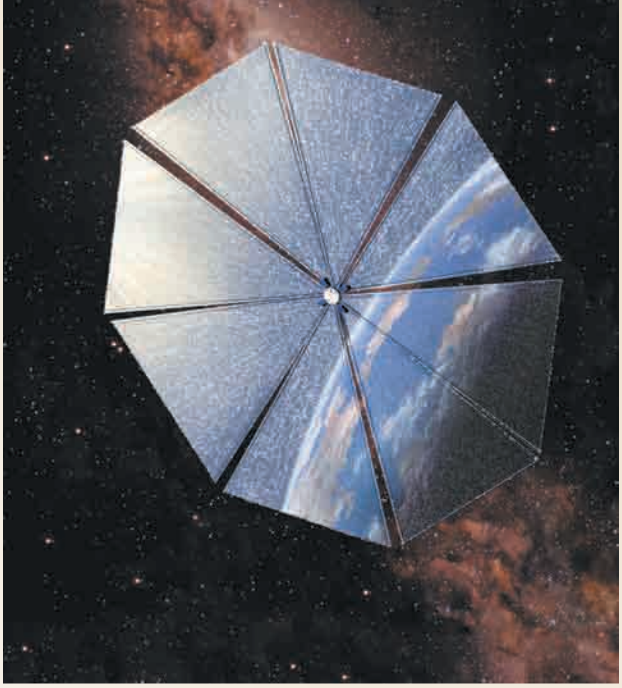
Середина століття ознаменується коротким затишшям — ученим доведеться справлятися з лавиною нових спостерігальних даних, які будуть отримані місячною обсерваторією.

Але вже на початку шістдесятих років відбудеться експедиція на орбіту Марса, будуть отримані перші зразки атмосфери Сатурна і Юпітера, людство навчиться використовувати неземні джерела сировини й енергії. Буде остаточно вирішене питання захисту нашої планети від кометної та астероїдної загрози.

У другій половині 21 століття людство буде одержувати більше половини необхідної енергії безпо-

середньо від Сонця. Почнуться пасажирські рейси за маршрутом «Земля — Місяць». А деякі фахівці очікують, що на початку дев'яностих років може відбутися зустріч землі з метеоритом або невеликим астероїдом, що розмірами не поступається Тунгуському метеориту, але відбудеться це тоді, коли проблема усунення такої небезпеки буде давним-давно вирішена.

До цього часу буде остаточно встановлена природа «кротячих нір» і зроблені перші кроки до використання людством речовини з негативною гравітацією.



Просторами Сонячної системи під сонячним вітрилом, що сприймає тиск світла нашої зірки. Такі космічні апарати можна використовувати до орбіти Сатурна — далі сонячне світло стає все більш слабким

ДАЛЕКО ЗА ГОРИЗОНТОМ

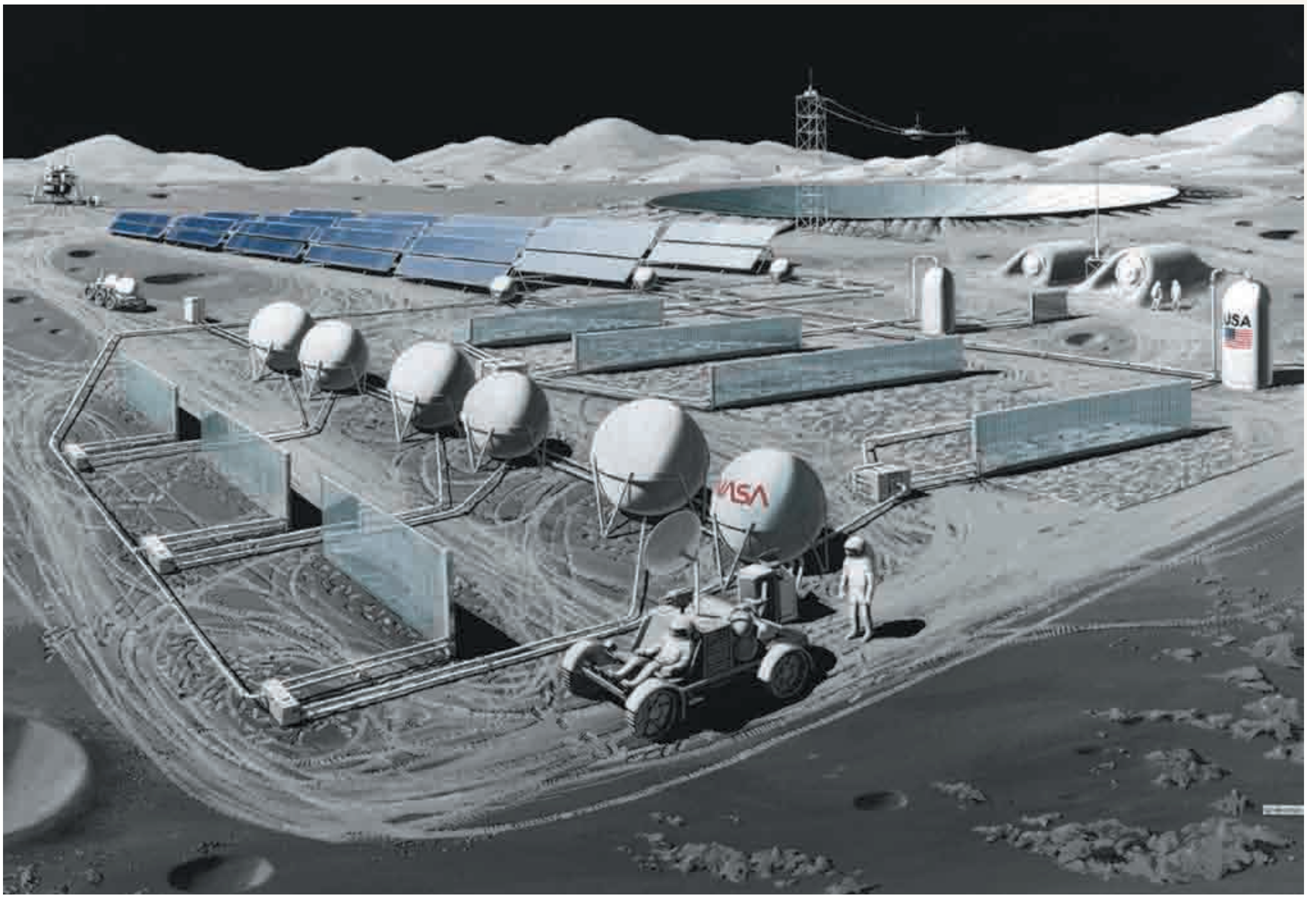
На початку 22 століття буде вирішено наймасштабніше й, мабуть, найскладніше завдання, що дасть потужний поштовх розвитку науки про Всесвіт,— буде створена загальна фізична теорія, здатна описувати стан речовини й фізичні процеси при граничних значеннях густини, температури й тиску. Для її створення будуть потрібні точні дані про ділянки Всесвіту, що перебувають на відстані мільярдів світлових років, і технічні можливості цього часу дозволять це здійснити.

Учені вважають, що лише наприкінці 22 століття вдасться зрозуміти причину «Великого мовчання» космосу й виявити сигнали позаземної цивілізації. Однак буде потрібно майже півстоліття, щоб розшифрувати їх і встановити контакт з іншим розумом.

Майбутнє астрономії обіцяє грандіозні фундаментальні відкриття, які докорінно змінять наші уявлення про світ. Не виключено, що властивості матерії з іншими фізичними константами дозволять нам переміщуватися швидше за світло. Ми довідаємося — можливо, тільки побічно,— про існування іншого Всесвіту, паралельного нашому.

Навколишній світ нескінченний, і нескінченне його пізнання людським чи іншим розумом!

Обсерваторія на Місяці



ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

А

Б

В

Г

Л

М

Н

О

П

Р

ЗМІСТ

РОЗУМ І НЕСКІНЧЕННІСТЬ

БАЧИТИ Й РОЗУМІТИ

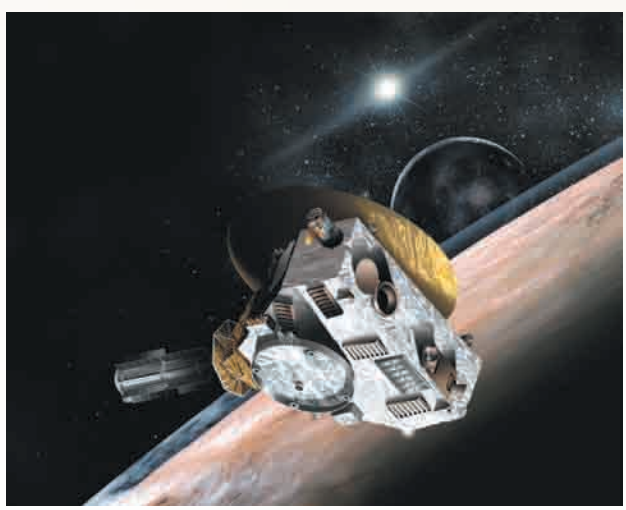
ЗЕМЛЯ У ВСЕСВІТІ

ПОЗА ЗЕМЛЕЮ: СОНЯЧНА РОДИНА

РОБІНЗОНИ ЗОРЯНОГО ОСТРОВА

ЗА МЕЖАМИ НАШОЇ ГАЛАКТИКИ

МИНУЛЕ ВСЕСВІТУ



УДК 59.018
ББК 26.0я2
С77

Видано за ліцензією ТОВ Видавництво «Ранок»

Рецензенти:
Корнєєв В. П., доктор педагогічних наук, головний спеціаліст лабораторії географічної та економічної освіти Інституту педагогіки АПН України
Веремко К. І., директор Харківської загальноосвітньої школи № 40, учитель географіії, учитель-методист, відмінник освіти

Стадник О. Г.
С77 Відкритий космос. Велика ілюстрована енциклопедія. — Х.: Веста, 2010. — 240 с.: іл.
ISBN 978-966-08-4942-6.

Багато тисячоліть тому, за часів, коли людина тільки починала усвідомлювати себе людиною, одного разу поглянувши на нічний небосхил, вона раптом зрозуміла, що ця сяюча безодня, сповнена світил, приховує в собі тисячі таємниць — у тому числі й найголовнішу: з чого почався наш світ, «звідки все пішло». Відтоді тисячі допитливих учених намагалися розгадати загадки Всесвіту, розуму та походження життя.

А нещодавно вчені дійшли дивовижного висновку — виявляється, попри всю величезну кількість астрономічних відкриттів, які здійснено лише за останні півстоліття, ми й досі не знаємо, з чого складається більша частина нашого Всесвіту, що таке «темна матерія» й «темна енергія», якою є справжня природа «чорних дірок» і що таке насправді «кротові нори» — дивні космічні об'єкти, котрі теоретики вважають своєрідною «машиною часу». І, певна річ, постійним завданням астрономії починаючи з середини 20 століття залишається пошук органічного життя у Всесвіті та позаземних цивілізацій — наших братів по розуму.

Ось чому астрономія залишається єдиною з наук про природу, де на дослідників усе ще чекають несподівані відкриття та неймовірні звершення.

УДК 59.018
ББК 26.0я2

Науково-популярне видання

Стадник Олександр Григорович,
кандидат пед. наук, доцент кафедри географії ХНПУ ім. Г. С. Сковороди

ВІДКРИТИЙ КОСМОС
Велика ілюстрована енциклопедія

Головний редактор *Н. В. Бірічева*. Редактор *А. А. Клімов*. Технічний редактор *С. В. Вітковський.*
Коректор *Н. В. Красна.* Комп'ютерна верстка *М. С. Жубр.*

Код Р11575у. Підписано до друку 12.05.2010. Формат 60x90/8. Папір офсетний.
Гарнітура Франклін. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 30.

ТОВ «Веста». Свідоцтво ДК № 3323 від 26.11.2008.
61064 Харків, вул. Бакуніна, 8А

Адреса редакції: 61145 Харків, вул. Космічна, 21а.
Тел. (057) 719-48-65, тел./факс (057) 719-58-67.
Для листів: 61045 Харків, а/с 3355. E-mail: office@ranok.kharkov.ua

З питань реалізації звертатися за тел.: у Харкові — (057) 712-90-87;
Дніпропетровську (056) 785-01-74, (067) 635-19-85; Донецьку (062) 345-98-24; Києві (044) 417-20-80, 463-73-64, 417-22-80;
Кривому Розі (056) 401-27-11; Луганську (0642) 58-63-80; Львові (067) 340-36-60, (067) 416-16-56, (032) 244-14-36, 243-08-85;
Одесі (068) 252-18-88, (0482) 681-399, (048) 717-35-02; Рівному (097) 481-14-67, (067) 68-91-905; Севастополі (0692) 44-37-21;
Сімферополі (067) 692-32-43; Тернополі (0352) 49-58-36, (067) 395-33-05, (067) 350-19-05;
Хмельницькому (050) 206-78-48, (068) 173-72-8; Черкасах (0472) 64-41-07; (050) 533-38-43; Чернівцях (050) 081-19-12.

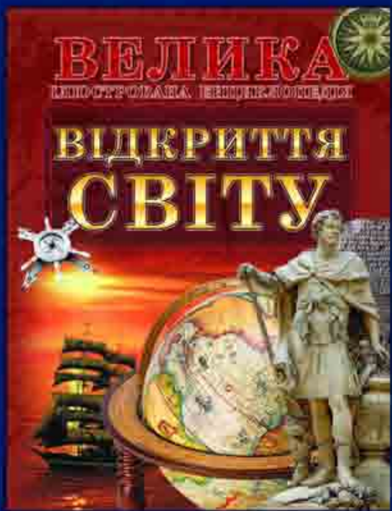
E-mail: deti@ranok.kharkov.ua

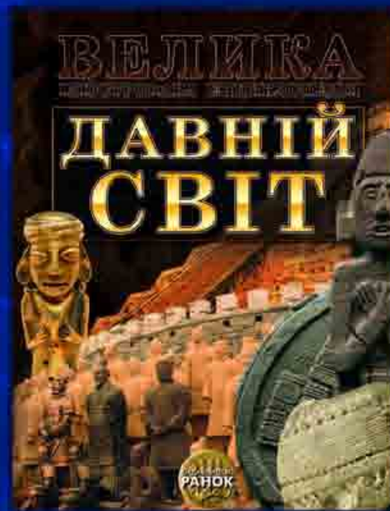
Дистрибьютор в России: ООО «Ранок»,
г. Москва, ул. Котляковская, д. 8/10, оф. 31-1,
тел.: (499) 794 16 89, (901) 599-50-88, факс (499) 794-16-89, e-mail: ranok.moscow@mail.ru
г. Белгород, ул. Коммунальная, 2, оф. 36
тел.: (4722) 58-74-37, 37-19-49, факс (4722) 56 95 12, e-mail: ranok1@yandex.ru

«Книга поштою»: 61045 Харків, а/с 3355. Тел. (057) 717-74-55, (067) 546-53-73 (для SMS).
E-mail: pochta@ranok.kharkov.ua
www.ranok.com.ua
E-mail: pochta@ranok.kharkov.ua
www.ranok.com.ua

ISBN 978-966-08-4942-6

КНИГИ ЦІЄЇ СЕРІЇ:





Багато тисячоліть тому, за часів, коли людина тільки починала усвідомлювати себе людиною, одного разу поглянувши на нічний небосхил, вона раптом зрозуміла, що ця сяюча безодня, сповнена світил, приховує в собі тисячі таємниць — у тому числі й найголовнішу: з чого почався наш світ, «звідки все пішло». Відтоді тисячі допитливих учених намагалися розгадати загадки Всесвіту, розуму та походження життя.

А нещодавно вчені дійшли дивовижного висновку — виявляється, попри всю величезну кількість астрономічних відкриттів, які здійснено лише за останні півстоліття, ми й досі не знаємо, з чого складається більша частина нашого Всесвіту, що таке «темна матерія» й «темна енергія», якою є справжня природа «чорних дірок» і що таке насправді «кротові нори» — дивні космічні об'єкти, котрі теоретики вважають своєрідною «машиною часу». І, певна річ, постійним завданням астрономії починаючи з середини 20 століття залишається пошук органічного життя у Всесвіті та позаземних цивілізацій — наших братів по розуму.

www.ranok.com.ua

ISBN 978-966-08-4942-6

9 789660 849426